UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

ARQUITETURA DA INDÚSTRIA
ESTUDO DA ABRANGÊNCIA DO TRABALHO DO
ARQUITETO NO PROJETO DE EDIFICAÇÃO
INDUSTRIAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da FAU-USP, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de Concentração: Projeto de Arquitetura

Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Jesus Rodrigues

SÃO PAULO
2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Padin, Pablo Aleksitch.

Projeto de Arquitetura: Indústrias. Estudo da abrangência do trabalho do arquiteto no projeto de edificação industrial / Pablo Aleksitch Padin ; orientador Professor Doutor Eduardo de Jesus Rodrigues. -- São Paulo, 2009.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Área de Concentração: Projeto de Arquitetura - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2009.

1.Arquitetura Industrial 2. Fábricas 3.História da Indústria 4. Tipologia industrial 5. Pré-fabricação de edifícios industriais 6. Centro de Tecnologia da Rede Sarah I. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico todo o esforço concentrado neste trabalho a minha família, principalmente meus pais, Pablo e Vânia, que me estimularam e apoiaram antes e durante todo o percurso.

A Thais, minha esposa, decisiva no estímulo à entrada para a academia, pelo apoio, paciência e companheirismo.

A todos os amigos e colegas que estiveram ao lado durante este período.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Eduardo Jesus Rodrigues pela orientação do trabalho, marcada pelo constante apoio e estímulo, amizade, responsabilidade e sabedoria.

Agradeço ao arquiteto João Filgueiras Lima pelo cordial recebimento no Centro de Tecnologia da Rede Sarah, onde estive durante 8 dias no mês de fevereiro de 2008. Agradecimentos a toda equipe do CTRS: Arquiteta Denise Menicucci (Responsável pela Manutenção do CTRS), Eufêmia Ferrari (Secretária de Lelé), Jurandir Amorim (Gerente das Oficinas de Marcenaria e Plásticos), Waldir Almeida (Gerente da Oficina de Metalurgia Pesada), Hurandy Matos (Gerente da Oficina de Metalurgia Leve), Tomaz Bacelar (Gerente Oficina de Pré-moldados de concreto), Inês Alves (Gerente da Oficina de Comunicação Visual), Nadson (encarregado na Oficina de Plásticos e Fibra de Vidro), arquitetos André, Ana Amélia, Neuton Bacelar (Responsável pela Manutenção do Hospital Sarah de Salvador), e ao supervisor Francisco A. N. Filho, que dispuseram de seu tempo precioso em conversas e visitas às oficinas de produção.

A Cristiane Ikedo Bardese e Wayne Sousa pela cooperação, auxílio nos desenhos e discussões.

RESUMO

PADIN, Pablo Aleksitch (2009). Projeto de Arquitetura: Indústria. Estudo da abrangência do trabalho do arquiteto no projeto de edificação industrial.

O arquiteto deve ser o primeiro profissional a ser chamado ao se pensar em edificar uma fábrica. Dotado de visão humanista e técnica, possui ferramentas para coordenar a equipe interdisciplinar que é necessária na maior parte dos casos desse tipo de projeto. Quando corretamente estabelecidas as competências de cada profissional, o trabalho resultará não somente em um edifício funcional, que atenda ao programa, mas também em uma arquitetura com adequada inserção histórica, espacial, e adaptabilidade a situações futuras.

O projeto da fábrica envolve questões diversas e complexas que devem ser estudadas em cada caso, com o devido embasamento técnico e teórico pertinentes em cada tipologia. Tal esforço pode se tornar dificultoso, já que a fábrica destina-se a múltiplos propósitos, tal é a pertinência de um trabalho de sistematização do processo de projeto industrial.

Para tal, o arquiteto deve conhecer os problemas específicos deste ramo da Arquitetura: sua história e evolução, novos requisitos de desempenho, novos materiais e as novas correntes de estudo da humanização dos espaços de trabalho.

Algumas questões, como por exemplo, a flexibilidade e a expansibilidade, não muito presentes em outros tipos de projeto, vêm à tona com toda a força na arquitetura industrial. Geram um contexto que faz com que o edifício seja, na maior parte dos casos, indissociável de um alto grau de pré-fabricação dos elementos.

A Arquitetura Industrial é um dos principais campos para novas soluções estruturais e formais na Arquitetura, e o arquiteto deverá ser um profissional generalista para conhecer a fundo cada um dos métodos de produção.

O intuito deste trabalho, assim, é a apresentação da problemática que envolve o projeto industrial, com a perspectiva da sistematização dos elementos comuns a esse tipo de tema, nas suas mais variadas aplicações.

ABSTRACT

The architect must be the first professional to be called as for the intent of building an Industry. Because of his humanist and technical knowledge, he is prepared with important tools to deal with the multidisciplinary context, which is necessary in most cases. When each professional task is properly established, the result is not only a simple functional architectural building, but a construction with its historical and spatial relations well defined, as well as its sustainability.

Projecting an Industry involves various and complex questions, which must be analyzed in each case, with the proper technical basis, concerning each destination. Such effort can be exhaustive, since the industry can respond to multiple purposes, that is why an organization of procedures in industrial projects proves to be pertinent.

For this work, the architect must know the specific problems of this Field in Architecture: its History and Development; the new performance requirements; new materials; and the recent studies of humanization of workplaces.

Some themes like, for instance, flexibility and expansibility, not much present in other kind of projects in Architecture, are of extreme importance in industrial architecture, producing a context where prefabrication is absolute required.

The Industry is one of the most motivating fields for new structural and formal solutions in architecture, and the architect must be a generalist professional to know in detail each method of production.

The goal of this work is the presentation of the industry case in architecture, with the perspective of a systematization of the elements that compose this kind of project, and its multiple applications.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
PRIMEIRA PARTE: HISTÓRIA	
1. BREVE HISTÓRIA DA ARQUITETURA INDUSTRIAL	11
1.1. Atividades pré-industriais	11
1.2. Desenvolvimento Construtivo	12
1.3. Primeira fase da arquitetura industrial	14
1.4. Segunda fase da arquitetura industrial	16
1.5. Terceira fase da arquitetura industrial	18
1.6. Segunda Revolução Industrial	25
1.7. Arquitetura Industrial no século XX	30
1.8. Indústria e cidade	41
2. BREVE HISTÓRIA DA INDÚSTRIA NO BRASIL	47
SEGUNDA PARTE: PRINCÍPIOS PARA PROJETO DE EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS	
3. TIPOLOGIA DOS EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS	69
3.1. Tipo industrial	69
3.2. Papel do Arquiteto e Atividades de Projeto	81
4. ARRANJO FÍSICO DOS EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS	98
4.1. Arranjo físico da produção	98
4.2. Novos tipos de arranjos	102
5. FORMA DO EDIFÍCIO INDUSTRIAL	111
5.1. Sistemas Aditivos	112
5.2. Sistema Integrativos	119
6. A FÁBRICA EM CORTE	121
6.1. Edifícios Verticais	121
6.2. Edifícios Horizontais	124
6.3. Galpões	125
7. ELEMENTOS DA ARQUITETURA INDUSTRIAL	131
7.1. Pisos	131
7.2. Vêdos	133
7.3. Tetos	133
7.4. Coberturas	134

8. INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS _____	139
8.1. Ar condicionado e salas limpas _____	139
8.2. Suprimentos e distribuição _____	146
8.3. Fontes alternativas de energia _____	146
9. CONFORTO AMBIENTAL E COMUNICAÇÃO VISUAL _____	149
9.1. Iluminação, cor e comunicação visual no edifício industrial _____	149
9.2. Conforto acústico _____	156
9.3. Conforto térmico _____	157
TERCEIRA PARTE: SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS PARA EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS	
10. SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS PARA A INDÚSTRIA _____	161
11. PROJETO DE EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS COM SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS _____	183
12. CONSIDERAÇÕES FINAIS _____	206
QUARTA PARTE: APÊNDICES	
13. ESTUDO DE CASO 01: CTRS - CENTRO DE TECNOLOGIA DA REDE SARAH _____	211
14. ENTREVISTA COM O ARQUITETO JOÃO FILGUEIRAS LIMA _____	243
15. ESTUDO DE CASO 02: PROJETO DE FÁBRICA RAMO ALIMENTÍCIO _____	254
BIBLIOGRAFIA _____	271

O sucesso de uma cidade está quase sempre determinado pelo sucesso do local de trabalho, a “habilidade” em promover empregos, assim como descreve JÜTTNER (2004, p.17). A indústria, por sua vez, é um dos meios de se absorver a mão-de-obra local de maneira eficiente. Por sua vez, o edifício industrial vem, de forma crescente, sendo marcado pela construção industrializada, grandes espaços, qualidade das instalações, flexibilidade e cuidados com a imagem corporativa.

Esta pesquisa busca fazer uma análise crítica do estado da arte da Arquitetura Industrial, principalmente sob o ponto de vista construtivo e tipológico, passando brevemente pela história da Arquitetura Industrial. Pretende ser fonte de conhecimento básico aos arquitetos que tenham que se defrontar com o projeto de um edifício industrial. Não será aprofundado o tema do Distrito Industrial e de suas implicações urbanas, pois, entende-se que deva ser versado em trabalhos específicos. Por se tratar de uma pesquisa dentro da área de concentração de Projeto de Arquitetura, o campo de abrangência se restringirá às questões diretamente ligadas à edificação. Em alguns casos, serão apenas brevemente citados fatores externos ao controle por parte do arquiteto projetista, como por exemplo, o que diz respeito ao estudo de mercado, faixa de concorrência, ou até mesmo, orçamento da obra, ainda que relacionado à atividade de projeto.

O material da presente dissertação de mestrado é fruto de pesquisa realizada entre 2006 e início de 2009, por meio de levantamento e análise bibliográfica e visitas a indústrias, primordialmente. O trabalho resultante tem caráter aberto e de visão abrangente, sendo necessária a pesquisa de bibliografias específicas para estudo de questões de forma mais aprofundada. Bibliografia esta que, na medida do possível, é apresentada e consta da listagem bibliográfica localizada no final do volume.

A edificação industrial em si representa uma parcela significativa dos investimentos na implantação de uma nova indústria, sendo assim, é necessário critério no projeto, com cuidados especiais de concepção e detalhamento. Assim, ainda serão apresentadas, de forma breve, análises a respeito dos custos das decisões arquitetônicas.

“O objetivo da Arquitetura sempre é de demarcar, abrigar uma parte do espaço que nos envolve em um local particular, no intuito de criar condições para o desenvolvimento de tarefas específicas, nesse caso, edifícios para a indústria. O arquiteto consciente deverá saber a função de cada espaço que será construído e o local onde será implantado, para melhor atender às várias funções necessárias e tomar proveito do que oferece o local. O programa sempre deve ser levado como um prognóstico. Nele, conhecimento, experiência, imaginação, desejo, esperanças, e visões se manifestam. (...)” (ADAM, In. JÜTTNER, 2004, p.21)

A Arquitetura Industrial fascina pela amplitude do tema a ser tratado, que é infinito. A complexidade dos projetos e das instalações é crescente e necessitam de metodologias de estudo específicas para solucionar problemas que são bastante diferentes daqueles encontrados na arquitetura em geral. A evolução de sistemas e tecnologias industriais e da construção exige revisão dos títulos, que no caso brasileiro, em sua maior parte, foram desenvolvidos durante a década de oitenta do século passado.

A Primeira Parte da dissertação está dedicada ao estudo da história da indústria. De forma breve, destacam-se os aspectos tipológicos, a relação da atividade e dos projetistas com a tecnologia disponível e características formais de cada período. Com base nesta análise, podemos avaliar a posição dos projetos atuais, dentro de um panorama geral da arquitetura industrial realizada principalmente durante o século XX.

Na Segunda Parte, em posse das informações históricas a respeito da atividade industrial, foi realizada uma análise do edifício industrial sob aspectos de projeto e construtivos. Seguindo o raciocínio, foram apresentadas algumas tentativas de sistematizar os tipos de arranjos de produção e edifícios industriais, instrumento de interesse para arquitetos que trabalharão com o projeto de fábrica. Finalmente, estão listados, brevemente, os componentes construtivos, espaciais e ambientais relacionados aos edifícios industriais.

A Terceira Parte destina-se ao estudo das características de sistemas construtivos industrializados para a execução de fábricas. O edifício industrial relaciona-se diretamente com a construção industrializada.

O Apêndice é composto por dois estudos de caso. O primeiro, trata-se de uma análise a respeito da obra do arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé), com enfoque para atividade do Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS), localizado em Salvador, Bahia. O interesse deste estudo está na complexidade das relações entre o projeto de uma fábrica, produção de elementos pré-fabricados para a construção civil e o projeto e execução de edifícios pré-fabricados padronizados. Torna-se ainda mais interessante por estar perfeitamente adaptado ao contexto sócio-econômico-cultural brasileiro. No segundo estudo de caso, apresentarei um projeto pessoal de indústria de alimentos, colocando algumas questões específicas a este ramo industrial, seguindo os aspectos listados durante a segunda parte do trabalho e demonstrando a necessidade de pesquisa específica para cada atividade.

PRIMEIRA PARTE: CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

1. BREVE HISTÓRIA DA ARQUITETURA INDUSTRIAL

1.1. Atividades Pré-industriais

A determinação precisa do nascimento da Indústria varia de autor para autor. No entanto, se nos balizarmos pela descrição apresentada anteriormente, pode-se identificar o início da produção em massa, muito antes da Revolução Industrial, no Oriente, mais precisamente na China. Durante a Idade Média Ocidental, no período da Dinastia Song (960-1279 d.C.), a população chinesa já ultrapassava 100 milhões de pessoas. A necessidade de bens de consumo aumentava junto ao crescimento exponencial da população da região. Exemplos são uma das três casas de moeda existentes no império, que já empregava mais de mil pessoas diariamente, e a “indústria” de ferro, que produzia 125.000 toneladas, no ano de 1076 d.C¹.

O Mundo Islâmico também desenvolveu a produção em massa e realizou importantes fábricas de vidro e cerâmica, a partir do século VIII. No mesmo século, no Ocidente, podemos identificar como um dos primeiros edifícios industriais de porte, o Arsenal de Veneza, que no século XVI, produzia quase um navio mercante por dia e empregava cerca de 16.000 pessoas, por meio do uso de peças padronizadas dentro de uma espécie de linha de produção que se difundiu apenas após a Revolução Industrial do século XVIII. Outro impulso para a produção em série, séculos antes do surgimento deste termo, parece ter ocorrido com a invenção da imprensa de caracteres móveis, que tem como uma das hipóteses de seu surgimento. No início da era moderna. A atividade industrial, no entanto, evoluiu lentamente e só culminou na Revolução Industrial em meados do século XVIII.

Figura 1- Entrada do Arsenal de Veneza, Itália. Fonte: <http://www.oddiy.aminus3.com/image/2007-08-28.html> acesso 17.01.09 às 11:44:50 h.

¹ A China ainda hoje é a líder em produção de aço com 489 milhões de toneladas produzidas por ano (representando 40% da produção global). O Brasil ocupa a nona posição com 33,8 milhões de toneladas.

Figura 2 - Antiga sede das Corporações de Ofício, Bruxelas, Bélgica. Foto do Autor, 2003.

Figura 3 - Fábrica de Tabacos de Sevilha, ESP. Atual Reitoria e Escola de Direito da Universidade de Sevilha. Foto do autor, 2003.

Um dos fatores que pode explicar esse longo percurso é a existência, desde o princípio, de uma aversão ao produto produzido mecanicamente, em relação ao produto dos talentosos artesãos. De pronto se percebeu que esse tipo de atividade poderia significar a extinção do trabalho do artesão e fim de sua fonte de renda. PAGANO (MAZZOCHI, 1957, p.335) destaca:

“(...) Razão essa bastante compreensível, visto que ainda hoje considerações político-sociais fazem proibir o uso de máquinas em determinados trabalhos nos quais podem ser empregadas massas de trabalhadores que, sem tais providências, ficariam desocupados. Poderemos citar Isabel da Inglaterra que se recusou a favorecer uma das mais importantes invenções de sua época, a máquina de meias W. Lee, afirmando não poder arruinar a pobre gente. Também Eduardo VI e Carlos I proibiram, pelas mesmas razões, máquinas para acabamento de tecidos, assim como Jaime I proibiu outra para fabricação de agulhas.”

Havia um preconceito em relação à máquina e à chamada “civilização da máquina”, no entanto, devemos atentar ao fato de que a produção em série permitiu o acesso a bens e satisfação de necessidades a um maior número de pessoas. Fato que antes atingia a poucas pessoas.

Ao mesmo tempo, o florescimento industrial, dependia de melhoramentos das comunicações e novos meios de transporte que ocorreram efetivamente, como é o caso das ferrovias, a partir do século XVIII. Abriram-se então, novos mercados dentro da própria Europa, como também na América e África. Soma-se a isto o desenvolvimento de organizações de crédito e condições monetárias melhoradas. MAZZOCHI (1957, p.335)

“As origens do desenho e construção do edifício industrial coincide com o desenho de edifícios industrializados. Começa no final do século XVIII com o desenvolvimento das máquinas, como é o caso da máquina a vapor de James Watt em 1784. No entanto, o aparecimento destas máquinas não é o único fator para a emergência da construção de edifícios industriais, mas também, o rápido crescimento populacional da Europa nesse período alcançado por meio dos contemporâneos avanços na medicina desde o século XVII, uma crescente demanda de bens e de capital. Em particular, a expansão da indústria do algodão no condado de Lancashire, na Inglaterra, deu um impulso à “fábrica”² mecanizada, que existiu inicialmente em paralelo com a tradicional, produção pré-industrial. No curso do tempo, oficinas³ deram lugar às “pequenas fábricas” que, por sua vez, deram lugar às indústrias.” (JUETTNER, 2004, p.11, traduzido pelo autor)

Figura 4 - Ponte sobre o Rio Severn. A. Darby, ING, 1775-1779. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Iron_Bridge.JPG Acesso 26.01.09 às 16:30:25h.

Figura 5 - Máquina a Vapor de James Watt. Fonte: <http://www.spartacus.schoolnet.co.uk/TEXrota.jpg> Acesso 30.01.09 às 10:27:55h.

² Do inglês “Mill” – uma fábrica de tipos específicos de manufatura, como por exemplo, papel, aço ou têxteis. A palavra em português parece ter significado um pouco diferente, no entanto, não impede a compreensão do texto.

³ Do inglês “workshops” – uma sala, uma área ou um pequeno estabelecimento onde se realiza o trabalho manual ou industrial leve.

Figura 6 - “A fábrica como Palácio”. Fábrica Real de Sal em Chaux, Claude-Nicolas Ledoux, FRA, 1776. Fonte: Roux, 2000, p.135.

Figura 7 - Representação da transmissão mecânica direta no moinho de Lanark, Escócia, Inglaterra. Redesenho a partir de <http://www.aboutscotland.co.uk/water/clydenl.html> Acesso em 07.01.09 às 17:36:22 h.

1.3. Primeira Fase da arquitetura industrial

A primeira fase do desenvolvimento industrial ocorre no início da Revolução Industrial, em meados do século XVIII, quando a máquina de manufatura chegou para ocupar o espaço da tradicional produção artesanal e a força era gerada pela transmissão mecânica direta⁴. Este fato guiou a execução de edifícios compactos de várias plantas e grande profundidade, baseados em uma fonte central de energia como uma máquina a vapor ou uma roda d'água. As primeiras fábricas não podiam estabelecer-se longe de cursos d'água suficientemente rápidos e capazes de mover suas máquinas. Entende-se a importância dos vales da cadeia do Pennine para a indústria Britânica do século XVIII, descrito por MUNCE (1960, p.13).

A partir de meados do século XVIII, com o desenvolvimento promovido por James Watt à máquina a vapor⁵ e surgimento da energia elétrica, realizaram-se progressos de maior importância dentro do desenvolvimento da indústria. A primeira tecelagem a vapor estabeleceu-se em 1785, mas, até pelo menos 1850, a roda d'água não deixou de desempenhar importante papel na indústria britânica. Somente onde não havia energia hidráulica foi adotada rapidamente a máquina a vapor; as fábricas e armazéns continuavam sendo construídos ao longo dos rios em função das facilidades, inclusive de transporte. As máquinas a vapor transformaram primeiramente as indústrias têxteis em atividades mecanizadas e após seguiu-se o desenvolvimento de indústrias mecânicas e o surgimento das indústrias pesadas.

Com o desenvolvimento do tear automático tornou-se necessária a construção de salas de produção mais longas e com menor número de interferências. Um dos exemplos mais notáveis é o moinho de algodão de sete andares de Salford, de 1801, projetado e construído por Matthew Boulton⁶ e James Watt.

“Boulton e Watt desenharam e construíram o edifício, usando uma estrutura em ferro fundido não apenas para as vigas como também pilares, montados dentro de uma estrutura em alvenaria. As vigas eram em seção I e atravessavam o edifício no sentido transversal com apenas dois apoios intermediários. As colunas eram em ferro fundido, com o diâmetro de nove polegadas e ocas, e todos elementos eram unidos

⁴ Exemplo dos moinhos ou atividade semi-industrial brasileira dos engenhos de cana-de-açúcar.

com a meticulosidade característica do projeto de máquinas e de sua construção. Os pisos foram executados em arcos de tijolos, e as colunas do piso térreo foram instaladas sobre fundações especiais. Assim como é um espécime avançado de uma estrutura armada, proporciona um exemplar de primeira classe de construção à prova de fogo e é sem dúvida precursor e inspiração dos edifícios de estrutura metálica.” (MUNCE, 1960, p.3, Traduzido pelo autor)

Este edifício era tão avançado para a época que significou o estado da arte na arquitetura industrial até 30 anos depois de sua finalização. Os armazéns industriais tinham suas coberturas executadas em madeira e estavam extremamente sujeitos ao fogo.

⁵ O mais importante desenvolvimento promovido por James Watt foi a patente da separação do condensador e sua conexão ao cilindro por meio do uso de uma válvula, o que permitia que o condensador mantivesse baixa temperatura enquanto que o cilindro estivesse quente, registrada em 1769. Watt tinha certas dúvidas em relação à difusão do uso da máquina a vapor pelas moinhos ingleses, em função da necessidade de maior especialização e instalações para a indústria que se baseava na obtenção de energia motora por meio de recursos naturais, como a água e o vento. No entanto, MUNCE (1960, p.2) descreve que ele deve ter revisto seus conceitos uma vez que esta aparente dificuldade possibilitava a execução de moinhos em qualquer que fosse o local.

⁶ (1728-1809) Industrial, proprietário da “Soho Manufacturing”, de 1761, em Birmingham, Inglaterra. Produzia pequenos artigos metálicos como brinquedos, vasos, dentre outros. Contratou Watt, em 1767, para melhorar as fontes de energia de sua produção que ficou interessado nas condições que esta fábrica poderia proporcionar para melhorar a tecnologia da máquina a vapor. Três anos depois começaram uma parceria que difundiu o uso da máquina a vapor. Os dois estabeleceram juntos a Fundação Soho, em Smethwick, no ano de 1795. (http://en.wikipedia.org/wiki/Matthew_Boulton acesso 22.09.2008 às 15:44h)

1.4. Segunda FaSe da arquitetura induSTrial

Em meados do século XIX, o edifício industrial foi influenciado por novas idéias, dado a importância adquirida nos anos anteriores. Os trabalhos de produção, agora, localizavam-se próximos à água para garantir melhores condições higiênicas e dispersão de emissões e não mais em relação à necessidade de uma força motriz. De fato, os rios ingleses possuíam pequena vazão e não era possível que fossem bem aproveitados. Evitavam-se áreas onde o vento pudesse conduzir resíduos às cidades. Foram melhorados os meios de obtenção de energia como eletricidade ou sistemas hidráulicos, e conseqüentemente permitiu-se a descentralização da geração de força, assim, as várias funções passaram a ser acomodadas em edifícios diferentes. Esta fase coincide com o nascimento das máquinas genéricas ou polivalentes⁷, que marcam o momento em que o empreendimento industrial passa de um único edifício, sem possibilidade de adequado tratamento ambiental, para vários edifícios divididos, segundo a sua função.

Em 1960, MUNCE (p.4) observa, a respeito da história da arquitetura industrial, que nos primeiros anos de desenvolvimento da indústria inglesa, o arquiteto não foi chamado. Os edifícios industriais eram fruto do diálogo entre os industriais e os construtores. Nos poucos casos em que os arquitetos eram consultados, o trabalho se restringia às decorações de fachada por vontade do industrial proprietário. O autor alerta para o fato de que isso ainda era freqüente quando escreveu seu manual sobre a arquitetura industrial. O desenho de fábricas era considerado abaixo da dignidade do arquiteto a não ser que fosse mascarado por uma alvenaria acabada ou tijolo aparente, com desenhos específicos de uma produção artesanal, artística. Como resultado, os arquitetos não receberam nem experiência, nem treinamento para defrontar esse tipo de tarefa, e a iniciativa foi passada aos engenheiros. Com pontes e canais, os seus halls de exibições e imaginativos usos de novos elementos estruturais, os engenheiros conseguiram forjar um local próprio na vida industrial do seu país. (MUNCE, 1960, p.1) O Edifício Industrial ainda não caracterizava uma forma de edificação onde, apesar das limitações de economia, o arquiteto pudesse expressar seus ideais artísticos. Faltava nesse momento, um volume de obras construídas para que se notasse o tipo. Mais do que isso, podia se pensar que a produção de bens caracterizava-se como

atividade de menor valor simbólico perante as Igrejas, Palácios, Galerias e até mesmo moradias.

Até meados do século XIX, os trabalhos de produção localizaram-se próximos à água. Evitavam-se áreas onde o vento pudesse conduzir resíduos às cidades. As cidades perdiam, ao mesmo tempo, suas áreas verdes ao longo dos rios, pois era conveniente que estes edifícios fossem construídos próximos a assentamentos humanos já estabelecidos - em função da facilidade de obtenção de mão-de-obra. A indústria deveria ser planejada com a completa separação das funções: habitação, lazer, circulação e produção. Esta última estava localizada na direção do vento predominante, em área separada, próxima a um rio. Basicamente, setorizou-se a cidade em áreas de moradia e de trabalho. Em relação às cidades, assim com descreve BENEVOLO (In. RICHARZ, 2004, p.27), esse crescimento conjunto da cidade e indústria, sem planejamento específico criou um caos social e de infra-estrutura urbana, que significou a paralisação de um crescimento adicional da atividade produtiva e criou freios ao desenvolvimento industrial. Seguindo este raciocínio, mais tarde, despontam projetos exemplares e esforços de arquitetos como Robert Owen, Ebenezer Howard, Tony Garnier⁸.

O crescimento do tamanho e peso de produtos como as locomotivas, as turbinas e o novo maquinário, exigiam galpões industriais térreos e extensos. O sistema americano de produção com esteiras de transporte também ditou galpões compridos e iluminados zenitalmente. Assim, as estruturas de múltiplos pavimentos gradualmente iam perdendo a sua importância, diante da disponibilidade de áreas para produção no “Novo Mundo”. Além desses fatores, a constante evolução dos sistemas produtivos era incompatível com a falta de flexibilidade dos edifícios em vários pavimentos.

⁷ Dentre as mais conhecidas estão a retificadora de John Wilkinson de 1775, o torno paralelo de Henry Maudslay de 1800, a planta mecânica de Richard Roberts de 1817 ou a fresadora do americano Eli Whitney de 1818.

⁸ O prefácio do projeto de Tony Garnier para a Cidade Industrial, de 1917, ainda demonstra a importância central da proximidade à fonte de energia, no caso, o afluente de um rio, que seria represado, de forma que a criação de uma usina hidrelétrica distribuisse energia, luz e calor para a fábrica e para toda a cidade.

Figura 8 - Igreja de Santa Genoveva , J.G.Soufflot , Paris, FRA, 1775. Foto do autor, 2005.

“O ferro é usado inicialmente apenas para tarefas acessórias: para correntes, para tirantes e para ligar entre si as pedras nas construções em pedra de corte. Por exemplo, na pré-nave construída por Rondelet para o Panthéon de Soufflot, em 1770, a estabilidade real da cornija é assegurada graças a uma fina rede de barras metálicas, dispostas racionalmente de acordo com as várias solicitações, quase como a armação de uma obra moderna em concreto.” (BENEVOLO, 1998 , p.46)

Figura 9 - Moinho de Glasgow, Henry Houldsworth, 1805.

1.5. Terceira fase da arquitetura industrial

Não foi apenas o desenvolvimento de máquinas que criou o imaginário do edifício industrial, mas, também o desenvolvimento de materiais construtivos, como o ferro e vidro.

“A própria evolução tipológica destes edifícios está intimamente ligada à evolução da indústria da construção e das possibilidades criadas com o uso de novos materiais como é o caso do ferro fundido e vidro, que permitiram, em certo momento, impulsionar o uso crescente de máquinas maiores e para isso, maiores vãos. O ferro e o vidro não são materiais novos, pois, tem sua origem muitos séculos antes, mas, até então não haviam sido produzidos na escala que começaram a ser produzidos no século XIX”

(BRUNA, 1976).

O ferro e o vidro eram os únicos materiais que poderiam fazer frente às novas necessidades e exigências estruturais que eram colocadas neste período. A importância do desenvolvimento da fundição do ferro com o uso do coque inaugurou um novo método de construção do edifício industrial, na Inglaterra. O ferro fundido e o vidro foram tratados como materiais novos o que na verdade é uma referência ao uso destes materiais de forma nova, por meio do desenvolvimento de novas tecnologias.

Na Inglaterra, começavam a se difundir as estruturas em ferro. O Moinho em Glasgow projetado pelo arquiteto Henry Houldsworth, de 1805, constituiu um novo uso do ferro fundido, que tinha o seu conhecimento baseado nas pontes que haviam sido construídas pelo país para as estradas de ferro. Nesse novo caso, a estrutura metálica estava encapada por paredes de tijolos, que formavam uma espécie de moldura estrutural para a unidade industrial de tipologia de pavimentos múltiplos.

São marcos dessa arquitetura de “novos materiais” os Grandes Armazéns de Paris, de 1830-1840, o Palácio de Cristal, projetado por Sir Joseph Paxton para a Exposição Universal de 1851, em Londres, no Hyde Park e a Galeria das Máquinas (“Gallerie des Machines”) projetadas pelos arquitetos Victor Contamin e Ferdinand Dutert para a Exposição Universal de Paris de 1889. No caso do

Palácio de Cristal⁹, o edifício possuía comprimento de 564m, 124m de largura e altura de 34m. As Exposições Universais tinham o objetivo de expor a produção industrial de cada país, pós Revolução. Esse edifício desponta como o marco de uma evolução tipológica, possibilitada pelo novo uso dos materiais e evolução construtiva. Por sua vez, este desenvolvimento permitiu a criação de maiores espaços que podiam albergar máquinas maiores e atividades produtivas de maior porte.

Essas novas construções em ferro fundido e com naves únicas de grandes vãos difundiram-se pelas estradas de ferro inglesas e posteriormente por toda a Europa. Marcam o início da estética Maquinista ou Fabril. Algumas destas edificações são existentes no Brasil, vindas na maior parte dos casos, para compor a rede ferroviária implantada por companhias inglesas. É o caso da Estação da Luz em São Paulo ou da Estação Ferroviária de Bananal e do mercado São José.

O uso difundido do aço propiciou uma nova busca tipológica e formal da arquitetura. A ruptura, apesar de ter ocorrido de forma imediata, não impediu a criação de curiosos edifícios, com suas características formais emprestadas de edifícios para outros fins, como a arquitetura religiosa. Auguste Choisy¹⁰ (1841-1909), professor da “École Nationale des Ponts et Chaussées realizou uma História da Arquitetura, baseando-se na reflexão sobre o ensino desta disciplina desde a vertente dos métodos construtivos. Sempre sustentou que a forma seria uma consequência da lógica e técnica. (PHILLIPS, p. 8). Apesar dessa teoria, não se nota tal objetividade nos primeiros edifícios em arquitetura metálica. O conceito de estrutura como base formal da arquitetura ganhou força com os arquitetos a partir de Choisy.

⁹ O Palácio de Cristal, por se tratar de um edifício pré-fabricado, foi desmontado e remontado em Sydenham, em 1854. Em 1936, o edifício de grande interesse histórico foi destruído pelo fogo. A construção pré-fabricada em estrutura metálica tornou-se usual dentro da arquitetura ferroviária.

¹⁰ Foram arquitetos como Auguste Perret (1874-1954) e seu discípulo Le Corbusier (1887-1951), sobre influência de Choisy, que legitimaram o uso do concreto armado como material construtivo esteticamente válido. Nos projetos de Hilberseimer e Le Corbusier utilizou-se este material, assim como na construção do edifício fabril da “United Shoe Machinery Company” de Ernst Ransome, em 1903. Em 1905, Albert Kahn utilizou-se do mesmo material na construção da “Packard Motor Company”, em Detroit.

Figura 10 - Pont des Arts, Paris, de Cessart e Dillon, 1803. Foto do Autor, 2005.

Figura 11 - Galerie des Machines, Paris, FRA. Fonte: <http://en.structurae.de/photos/index.cfm?JS=55> acesso 29.09.08 às 19:23h

Figura 12 - Pavilhão de Cristal, Joseph Paxton, Londres, ING, 1851. Fonte: <http://www.lmc.ep.usp.br/people/valdir/wp-content/uploads/2008/02/cristal.jpg> Acesso 29.01.09 às 11:30:25h.

“Assim como o fervor religioso da Idade Média havia desafiado os arquitetos medievais a punçar os céus da Europa Ocidental com suas agulhas góticas, levando as estruturas de pedra aos seus limites, a demanda de enormes naves industriais para albergar os processos mecanizados de fabricação e as grandes máquinas de comércio fez com que os arquitetos e engenheiros investigassem e desenvolvessem as técnicas do ferro, aço e vidro, os únicos materiais que podiam satisfazer as exigências estruturais que eram colocadas.”

(PHILLIPS, p. 6)

Figura 13 - Bauakademie de Schinkel, ALE, 1826. Pintura de Eduard Gaertner.

Fonte: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bauakadm1.jpg> Acesso em 26.01.09 às 16:56:50h.

O uso destes materiais é descrito com cuidado por Friedrich Schinkel¹¹ em visita à Inglaterra, no ano de 1826. A viagem começa em Londres onde Schinkel já se depara com as colunas de ferro fundido utilizadas no “British Museum”. Tratava-se de uma solução muito nova para a época. As colunas ocas em ferro fundido permitiam avanços técnicos como a drenagem de água pluvial pelo interior das mesmas. Schinkel ficou impressionado com as novas possibilidades alcançadas com o avanço tecnológico no uso do ferro e realizou inúmeros desenhos de estruturas e moinhos. Notou em sua visita a importância do uso dos “novos materiais” e as possibilidades técnicas que se adaptavam muito bem às necessidades de novos programas arquitetônicos. A arquitetura passara de uma atividade empírica para uma atividade baseada no conhecimento científico, relacionada a uma função específica que convinha ser corretamente dimensionada¹².

¹¹ (1781-1841) Foi o mais notável arquiteto e urbanista do Classicismo na Prússia.

¹² Na “Bauakademie” de Schinkel em Berlim, sob influência de sua viagem à Inglaterra, nota-se a legibilidade dos elementos estruturais. O edifício foi projetado junto com o engenheiro Peter Beuth, seu amigo e companheiro na viagem à Inglaterra.

Figura 14 - Página da caderneta de Schinkel com vista das construções industriais inglesas, 1826. Notam-se que as edificações industriais eram verticalizadas. É possível observar também as chaminés localizadas entre e sobre os edifícios. Ao lado direito das fábricas compõem-se as típicas vilas operárias inglesas, que foram reproduzidas na cidade de São Paulo. Fonte: BENEVOLO, 1998, p.77.

A mudança das propriedades dos materiais disponíveis e possibilidades tipológicas criadas demonstravam que os edifícios metálicos significavam a arquitetura do Futuro. Os materiais tradicionais, como pedra e tijolos, resistiam muito bem aos esforços de compressão, no entanto, como é conhecido, não resistem bem à tração. O ferro, por sua vez resistia à compressão e mais importante do que isso, muito bem à tração e, baseados nas estruturas de pontes metálicas, os edifícios industriais passaram a ser construídos com esse material. Outro importante desenvolvimento foi o aumento das folhas de vidro que passaram, no início do século XIX, ser produzidas em tamanhos de 1,75 x 2,50m, assim como descreve JUTTNER (2004, p.11).

A relação entre a arquitetura religiosa e a arquitetura industrial não ficou apenas dentro do campo da demonstração da evolução da tecnologia dos materiais e das possibilidades construtivas. Na obra de arquitetos, como é o caso de Karl Ludwig Althaus, em seu projeto Sayner Huette em Bendford, Alemanha, de 1818-1830, que utilizou a estrutura em ferro fundido, podemos notar que naquele momento ainda não se apresentava claro um estilo que devesse ser utilizado nas construções industriais. A arquitetura religiosa serviu-lhe de inspiração. Mais do que a ornamentação, o seu edifício possui planta de Basílica de três naves. Nas obras anteriormente citadas, de Sir Joseph Paxton, o Palácio de Cristal de 1851 e as “Galleries des Machines” de Contamin e Dutert de 1889 também podemos notar essas relações.

Figura 15 - Interior da Biblioteca de Santa Genoveva, Paris, Henri Labrouste, 1843. Fonte: BENEVOLO, 1998, p.123.

“(…) com uma estrutura metálica em abóbadas, estabeleceu muitos precedentes para os futuros edifícios de nave simples e estrutura do mesmo material.” (PHILLIPS, 1993, p.8, traduzido pelo autor)

Figura 16 - Palácio de Cristal, Hyde Park, Londres, 1851. Sir Joseph Paxton. Ilustração de Dickinson. Fonte: Wikipedia.

A possibilidade da produção em massa do aço veio com o aprimoramento da produção do material, com o uso do ferro gusa fundido, em patente de 1855 de Henry Bessemer. O processo industrial de Bessemer era muito mais econômico que os antes utilizados, em relação ao uso do coque. O princípio em si era o mesmo utilizado na China desde aproximadamente 200 d.C. A remoção das impurezas do ferro era realizada por meio da oxidação provocada pelo ar soprado sobre do ferro fundido. A redução no uso do coque e no tempo de fundição se dava pelo fato de que o insuflamento de ar aumentava a temperatura da massa de ferro e a mantinha por mais tempo no estado fundido.

Figura 17 - Conversor de Bessemer. Fonte: Wikipedia.

FIG. 13. THE FIRST FORM OF BESSEMER MOVEABLE CONVERTER AND LADLE

Um dos primeiros edifícios franceses realizados em estrutura metálica e considerado o primeiro edifício do mundo em que esta é aparente é a fábrica de Chocolates Menier em Noisiel-sur-Marne, de Jules Saulnier, 1871-1873, perto de Paris. A estrutura é de múltiplos pavimentos, com a fachada desenhada pela estrutura metálica aparente e vedação entre os pilares e vigas era constituída por paredes de alvenaria. O edifício foi construído sobre fundações maciças, localizadas dentro do Rio. Três turbinas localizadas entre esses blocos de fundação geram a energia necessária para a produção.

Choisy, previamente citado, Labrouste, Gaudet, Perret, Tony Garnier (1869-1948) e Le Corbusier – abriram espaço para o entusiasmo alemão pelo desenvolvimento de uma arquitetura que harmonizasse a estética e a engenharia. Os alemães buscavam estas inovações desde a visita de Schinkel à Inglaterra.

Em “Por uma arquitetura” Le Corbusier discorre sobre a forma em função da técnica:

“Nossos olhos são feitos para ver as formas sob a luz. As formas primárias são as formas belas porque se lêem claramente. Os arquitetos de hoje não realizam mais as formas simples. Operando com o cálculo, os engenheiros usam formas geométricas, que satisfazem nossos olhos pela geometria e nosso espírito pela matemática; suas obras estão no caminho da grande arte. (...)” (LE CORBUSIER, 1928, p.12)

Os edifícios em vista, neste trecho, eram os silos de grãos dos Estados Unidos e do Canadá, formados por esferas, cones e cilindros.

Le Corbusier (1928, p. 13) defendia as formas simples e atacava os estilos:

“A arquitetura gótica não é, no seu fundamento, à base de esferas, cones e cilindros. Somente a nave exprime uma forma simples, porém de uma geometria complexa de segunda ordem (cruzamento de ogivas). É por isso que uma catedral não é tão bela e que nela buscamos compensações de ordem subjetiva, fora da plástica. Uma catedral nos

Figura 18 - Fábricas de Chocolates Menier (1871-1873), Noisiel-sur-Marne. Arquiteto Jules Saulnier. Fonte: Wikipedia.

Figura 19 - Edifício Residencial à Rua Franklin, Paris. Auguste Perret, 1902. Foto Thais B. R. Bortolato, 2008.

“Sua obra, precursora no uso do concreto armado, se executou sob as influências das teorias de Choisy e foi desenvolvida por um aluno de Perret chamado Le Corbusier. O engenheiro civil Joseph Monier, em torno a 1880, descobriu este material mais econômico e versátil que o aço, muito associado ao que se conhecia com Estética Maquinista.” (PHILLIPS, 1993, p.9, traduzido pelo autor)

interessa como a engenhosa solução de um problema difícil, mas cujos dados foram mal colocados porque não procedem das grandes formas primárias. A catedral não é uma obra plástica; é um drama: a luta contra a gravidade, sensação de ordem sentimental.”

Os silos que foram apresentados como exemplo de jogo de volumes simples por Le Corbusier, já haviam sido apontados por Walter Gropius no livro do ano da Deutsche Werkbund, em 1913. Eram considerados como os exemplos visuais do desenvolvimento da arquitetura industrial moderna. Gropius e Le Corbusier viram nesses edifícios a base para uma nova forma de construir.

Figura 20 - - Silo de grãos Lago Cherry, Toronto, CA, sem ano. Fonte: http://www.toleftpixel.com/archives/photos_cityscape/040831_808.shtml Acesso em 26.01.09 às 17:21:15 h.

1.6. Segunda Revolução Industrial

Corresponde ao momento histórico em que ainda ocorria a hegemonia inglesa na indústria, no entanto, países com a Alemanha e EUA já a seguiam de perto. Este período está compreendido entre as duas últimas décadas do século XIX até o ano de 1945. (Santos, 2006, p.26)

A estabilidade proporcionada pela unificação alemã sob a liderança de Otto Von Bismark estimulou o desenvolvimento industrial do país, a partir de 1870. A renúncia de Bismarck em 1890 provocou um contexto de grandes transformações e exacerbação de um impulso nacionalista industrial. Herman Muthesius (1861-1927) foi o arquiteto alemão convocado à embaixada de seu país em Londres com a missão de estudar a originalidade da arquitetura inglesa da época, mesmo trabalho que foi realizado antes por Schinkel. O momento artístico era representado pelo “Arts and Crafts”¹³. Muthesius, após sua viagem, fundou em 1907 a “Deutscher Werkbund”¹⁴, “uma organização sem par, cuja função era prosseguir com a mecanização da produção alemã e sua subsequente economia, com a colaboração de artistas, desenhistas industriais e arquitetos”. (Phillips, p. 10). No entanto, passou-se a exaltar ainda mais a produção artesã. Segundo Frampton (1997, p. 131):

“Os membros da Werkbund dedicaram-se ao aperfeiçoamento da formação artesanal e ao estabelecimento de um centro que fomentasse os objetivos de sua instituição. Como seria de imaginar, dada a natureza heterogênea do grupo fundador, a Werkbund não estava totalmente comprometida com o design normativo para a produção industrial. É significativo que o local inicialmente proposto para a cerimônia de fundação do Werkbund fosse Nuremberg – o cenário de Die Meistersinger (Os mestres cantores), ópera de Wagner em que o compositor aborda o tema das guildas artesanais.”

¹³ O “Arts and Crafts” foi um movimento que surgiu na Inglaterra, na segunda metade do século XIX. Propunha a exaltação do artesanato como alternativa à crescente mecanização e produção em massa dos produtos. Defendia entre outras idéias o fim da distinção entre o artesão e o artista. Foi influenciado por idéias de Karl Marx. Apesar de ter perdurado por pouco tempo, influenciou o importante movimento francês do Art Nouveau. Nikolaus Pevsner aponta o movimento como uma das raízes do movimento moderno (desenho gráfico, industrial e arquitetura).

¹⁴ Na exposição da Werkbund de 1914, por meio de discurso de Muthesius, fica clara uma nova condição da produção industrial: “uma pré-condição para a exportação é a existência de empresas grandes e eficientes, cujo gosto seja impecável. Os objetos individuais criados por artistas não o cobririam nem mesmo a demanda na Alemanha.” Nota-se no momento uma busca formal e estrutural do novo envelope para o edifício industrial. A arte para exportação demonstrava a busca por uma estética industrial universal, seja no campo dos produtos ou da arquitetura. Essa posição de foi combatida por arquitetos como Henry van de Velde e pelo próprio Peter Behrens, que conseguiram que Muthesius repensasse o trecho para: “o caminho que leva do individualismo à criação de tipos é o caminho orgânico do desenvolvimento”.

Figura 21 - Fábrica Nauen, Hermann Muthesius, ALE. Fonte: http://blog.uncovering.org/archives/2004/12/equivocos_da_ar_1.html Acesso em 26.01.09 às 17:29:10h.

Figura 22 - Poster da Exposição da DW em Colônia, ALE, 1914. Fonte: http://www.saplei.eesc.usp.br/sap612/Semin%20rio_2006_entrega/BERLIM/SITE%20BERLIM/imagens_contexto/deutscher%20werkbund.jpg Acesso 29.01.09 às 11:41:30h.

Apesar da posição da Werkbund, no mesmo ano, Peter Behrens, que participara do grupo, projeta e constrói em 1911-1914, para a AEG (“Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft”), um novo edifício industrial que propunha a construção como forma, como se fosse um objeto de desenho industrial. As fábricas passariam então a obedecer critérios de funcionalismo. O edifício da AEG possui

Figura 23 - Fábrica AEG de Turbinas, Berlin. Arq. Peter Behrens, 1911. Fonte: CULTURA E INDUSTRIA, 1979, p.25.

grande apelo simbólico pela suas formas simples de fachada, desenhadas individualmente, “um templo dedicado ao poder da indústria”. Behrens não só o desenhou, como também o logotipo da empresa, os produtos, a publicidade, dentre outras coisas, seguindo preceitos do “Arts and Crafts” e da Werkbund e, por isso, é considerado por muitos o primeiro desenhista industrial da história. Os produtos da fábrica, de rigoroso cuidado em todos os aspectos, espalharam-se pelo mundo todo. A arquitetura alemã, o desenho gráfico e desenho industrial alcançam novo status, estando à frente da modernização da indústria.

Figura 24 - Elementos produzidos pelas Fábricas AEG e comunicação visual, todos projeto de Peter Behrens, ALE, 1908-1910. Fonte: CULTURA E INDÚSTRIA, 1979.

Figura 25 - Fábrica Fagus, Walter Gropius e Adolf Meyer, Alfeld, ALE, 1910. Fonte: Phillips, 1992, p.12.

Figura 26 - Fábrica Química, Arq. Hans Poelzig, Luban, POL, 1911-1914. Fonte: <http://www.mimarizm.com/KentinTozu/Makale.aspx?id=422&sid=408>

Em 1911, depois de trabalhar para Behrens, Walter Gropius desenha o edifício da Fábrica Fagus. Em contraposição à linguagem simbólica das colunas utilizadas por Behrens na fábrica da AEG, Gropius dispensa o uso das mesmas. Assim como Behrens fez na Turbinenhalle e nas outras construções da AEG, Gropius dissolve o canto dos edifícios, só que desta vez troca a alvenaria pelo vidro.¹⁵

“Acima do material está o espiritual, acima das funções, dos materiais e da técnica se encontra a forma. Estes três aspectos materiais podem ser manejados com perfeição, mas viveríamos, no entanto, em um mundo simplesmente tonto. Por conseguinte, temos um objetivo perante nós mesmos, um trabalho mais elevado e importante: despertar o conhecimento da forma e o renascer das sensibilidades arquitetônicas.” (Phillips, 1992, p.12)

Hans Poelzig, outro mestre alemão, em 1911 e 1912, constrói uma indústria química em Luban, Polônia, ligada aos preceitos e trabalhos de Behrens e Gropius. A construção em alvenaria de tijolos de barro cozidos seguia a linha de produção da fábrica. A forma do edifício nasceu meramente da linha produtiva, sem buscar características ornamentais específicas. “A forma segue a função.” Vale lembrar que o ano de 1912 corresponde à criação da linha de montagem por Henry Ford.

¹⁵ O edifício de Gropius não tem sua estrutura em concreto armado ou metálica como pode parecer à primeira vista. Basicamente, o porão foi feito em paredes de concreto não reforçado, misturado a pedra de rio. Desde o porão para cima o edifício é construído em alvenarias de tijolos de barro travadas por pavimentos em estrutura de madeira. Nota-se o discurso estético-formal arquitetônico entre os arquitetos por meio da obra construída.

Nasce, portanto, uma inovadora estética da indústria, não mais baseada na transferência das características formais e funcionais de tipologias clássicas.

“(...) a incorporação dos conhecimentos científicos à gestão e à produção fabril provocaram profundas transformações na produção industrial, exigindo o maior desempenho do espaço fabril. Era necessária a horizontalidade para abrigar máquinas e linhas de montagens, extensas e sequenciais devido à racionalização, que implica a economia de deslocamentos. Necessitava também de vastas construções para armazenagem (matéria-prima e produtos), controle e administração. A mecanização e o uso da eletricidade incrementam os sistemas produtivos e o condicionamento interno dos edifícios, possibilitando romper com a tipologia tradicional, a fábrica de naves com cobertura em shed. Afirmou-se o vidro, o concreto e o aço. A fábrica de desenho racionalista, térrea ou em pisos, de cobertura plana, transparente ou mesmo totalmente fechada com iluminação, umidade e temperatura controladas artificialmente se estabelece. Foi ampliado o setor administrativo, que, a exemplo das novas utilidades (matérias-primas sintéticas e equipamentos para acondicionamento), exigiu instalações específicas, bem como os serviços de caráter social (as facilidades), tais como a assistência médica, habitação, saúde e lazer dos funcionários. (...)” (SOBRINO, In. SANTOS, 2006, p.26)

No final da Primeira Guerra, Erich Mendelson¹⁶, projetou uma “fechada, estereométrica, cristalina forma” para a Fábrica Steinberg de chapéus, na Alemanha, 1921-1923. A nova arquitetura, proveniente desse sistema em ebulição, foi chamada de Estilo Internacional, o “International Style” em inglês. De forma simples, baseava-se na busca de um desenho que respondesse à estandarização, mecanização e produção em massa, que, assim como descreve Phillips (1992, p.12), correspondia à tábula rasa sobre onde se começaria a construir a nova arquitetura.

¹⁶ Mendelsohn ficou conhecido pela Torre Einstein em Potsdam, projetada em 1917, com influências diretas do Teatro Werkbund de Van de Velde para a Exposição de 1914, em Colônia. Em 1924, além de participar de uma nova revista mensal de arquitetura, fundou junto com Ludwig Mies van der Rohe e Walter Gropius o grupo de arquitetura “Der Ring”. O grupo progressista propunha uma arquitetura baseada no expressionismo sem abrir mão da funcionalidade. Mendelsohn chegou a ter um escritório com aproximadamente quarenta arquitetos, tendo consolidado o seu trabalho na República Weimar. Devido ao consumismo gerado pela nova República Liberal Democrática, muitas de suas obras do período são centros de comércio e lojas de departamento, tipologias industriais. Por outro lado, interessava-se pelos experimentos socialistas da União Soviética, onde projetou a fábrica têxtil “Red Flag”, em São Petersburgo. Mendelsohn trabalhou em diversos países e no final de sua vida lecionou na “Berkeley University”, nos Estados Unidos. Do ponto de vista filosófico, a obra de Mendelsohn entra em contradição, mas sua obra continua a ser apreciada.

Figura 27 – Jahrhunderthalle (Sala do Centenário) , Breslau, 1913, Max Berg. Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wroclaw_hala_ludowa6.jpg Acesso 07.01.09 às 17:25:15 h.

“(...) radicalizou o emprego do concreto armado. A capacidade em se conquistar grandes vãos com seções relativamente pequenas conduziu esse material a um papel capital na história da arquitetura industrial.” (Phillips, 1993, p.12, traduzido pelo autor)

Figura 28 - Fábrica de Chapéus, Arq. Erich Mendelsohn, Luckenwalde, ALE, 1921-1923. Fonte: <http://www.irbdierekt.de/daten/monodoc/bild/2020742a.jpg>

Figura 29 – Antigo Abatedor La Mouche, atual Halle Tony Garnier, Tony Garnier, Lyon, FRA, 1917. Fonte: Roux, 2000, p.17. É também um importante exemplo de edificação fabril que foi reabilitado, alterando-se o uso. O projeto de Philippe Robert e Bernard Reichen transformou o espaço em uma sala de exposições.

Figura 30 - Planta de Caminhões Chrysler-Dodge, Michigan, Estados Unidos, 1938.

Arquiteto Albert Kahn. Fonte: BERGERON, 2000, p.199

Figura 31 - Neue Nationalgalerie, Mies van der Rohe, Berlim, 1968. Fotos do autor, 2004.

Os edifícios mais importantes do arquiteto fazem uso de materiais representativos da era industrial, como o aço e vidro. A preocupação com os detalhes, o “minimalismo” faz com que estes edifícios resultem em formas elegantes e cosmopolitas. É do mesmo arquiteto a frase em alemão “Weniger is mehr” que se traduz : menos é mais, ou, no inglês, sua versão mais conhecida, “less is more”.

Figura 32 - Fábrica de Tabacos Van Nelle, Arqs. Brinkman e Van der Lugt, Rotterdam,

1.7. Arquitetura industrial no século XX

O escritório norte-americano Albert Kahn Inc. foi um dos grandes responsáveis pelo desenvolvimento formal da arquitetura de fábricas, de fato, foi responsável pela transformação do termo “edifício de fábrica” para “arquitetura industrial”¹⁷. A empresa de projetos foi estabelecida em 1895 e ainda se encontra em atividades. No livro sobre a Firma, intitulado “Industrial Architecture of Albert Kahn Inc.”, escrito por George Nelson em 1938, este descreve que no ano de 1937, o volume de trabalhos impressionante de Albert Kahn correspondia a 19 por cento de todos os edifícios industriais desenhados por arquitetos nos Estados Unidos da América, empregando aproximadamente 400 funcionários. A organização do ato projetual criou uma corrente de trabalho que propiciou aos Estados Unidos várias fábricas adaptadas integralmente às finalidades industriais, com o equilíbrio perfeito de todos os elementos componentes, visando fornecer a cada indústria os edifícios e instalações mais adequados para a sua produção, assim como descreve Kozlowsky (1953, p.366).

Na primeira metade dos anos 20, do século XX, van der Rohe pregava que o futuro estaria na industrialização da construção. Isso modificaria todo o ramo da construção, com a chegada das partes do edifício apenas para serem montadas no local de uso. Nos edifícios do Instituto de Tecnologia de Illinois, Pesquisas Minerais e Metais e “Crown Hall”, Mies reforça, em território norte americano, a sua “monumentalização da técnica como forma”. É visível a atitude de desenvolvimento do detalhe arquitetônico, no sentido de prover ao edifício uma característica universal e atemporal, por meio do uso

¹⁷ Dentre os mais notáveis edifícios estão a Fábrica da Ford, em Dearborn, Michigan, a Fábrica da General Motors Company (maior edifício do Mundo na época de sua construção), em Indianapolis, a Fábrica da Chevrolet, em Rochester, Nova Iorque, a Fábrica da Chrysler, em Detroit, Michigan. Apesar de todas as fábricas citadas serem indústrias automobilísticas, executam obras de qualquer tipo de indústria.

¹⁸ Le Corbusier, em visita à fábrica descreveu: “A estrada que leva à fábrica é plana e uniforme, ladeada por calçadas de lajotas marrons, é tão limpa e luminosa quanto um salão de baile. As fachadas do edifício, de vidro brilhante e metal cinzento, erguem-se (...) contra o céu. (...) A serenidade do lugar é total. Tudo se abre para o exterior. E isto tem uma importância enorme para todos os que trabalham nos oito andares internos deste edifício. (...) A fábrica de tabacos Van Nelle de Roterdã, uma criação da era moderna, eliminou por completo todas as conotações anteriormente associadas à palavra “proletário”. E esse desvio do instinto egoísta de propriedade, que ali caminha para um sentido de ação coletiva, leva a um resultado extremamente feliz: o fenômeno da participação pessoal em cada etapa do empreendimento humano.”

(FRAMPTON, 1997, p.162)

correto e reticular dos materiais. Nesse contexto, executou-se a Fábrica Van Nelle¹⁸ de Rotterdam, dos arquitetos Brinkman e Van der Vlugt, em 1926 - 1930. Os volumes da fábrica em múltiplos pavimentos, a divisão das funções em edifícios colocados lado a lado e a regularidade das divisões das fachadas de vidro, são características do “Estilo Internacional”.

HOL, 1926-1930. Fonte: wikipedia. Corte Redesenho a partir de FRAMPTON, 1997, p.173.

Figura 33 - Fábrica Farmacêutica Boots, Arq. Owen Williams, Beeston, ING. Fonte: Phillips, 1992, p.19.

A estrutura dos pavimentos era em concreto armado, sendo os pilares em forma de cogumelo (ver corte acima). O mesmo princípio estrutural foi usado na fábrica farmacêutica “Boots”, em Nottingham, Reino Unido, do engenheiro Sir Owen Williams, outro importante arquiteto industrial, de 1932. As fachadas são todas em vidro. O edifício da fábrica “Boots” lembra estruturalmente a “Maison Domino” (1915-19) de Le Corbusier e os cinco pontos da Arquitetura Moderna¹⁹. Esta fábrica quase não foi realizada devido à posição reacionária nazista a tudo que fosse o “Estilo Internacional”.

Figura 34 - Fábrica Red Flag, Arq. Erich Mendelsohn. Fonte: Wikipedia.

¹⁹ 1. Pilotis – Uso de colunas para levantar a massa do chão;
2. Teto Jardim – O uso da laje plana da cobertura com jardim, de forma a conectar o edifício com o exterior e reintroduzir a natureza;
3. Pavimento Livre – Uso de colunas para dividir os espaços ao invés de paredes;
4. Fachada Livre – A possibilidade das aberturas serem de qualquer tamanho e espessura, compondo com o pavimento livre; 5. Janelas Horizontais – longas janelas horizontais que criam um aspecto horizontal do edifício.

Figura 35 - FIAT Lingotto, Mattè-Truco, Turim, ITA. A fábrica contava com uma pista de testes de automóveis na sua

cobertura. Fonte: http://www.istitutopontevalltellina.it/alunni/automa/html/il_lingotto.htm Acesso em 27.01.09 às 11:09:30h.

A fábrica apresenta características do futurismo italiano. Conta com uma célebre pista de testes implantada sobre a vasta área resultante na cobertura do edifício.

Figura 36 - Desenhos de Sant'Elia. Fonte: Wikipedia.

Em 1925, quando a Bauhaus, que nesse momento passou a ser dirigida por Walter Gropius, se trasladou a Dessau, ocorre um importante momento histórico de síntese entre arquitetura, arte, engenharia e produção, muito influentes sobre o século vinte e sob esse contexto de estética fabril. No entanto, o Nazismo fechou a Bauhaus em 1933. Mies van der Rohe foi para os Estados Unidos da América e Gropius, Eric Mendelsohn e Marcel Breuer foram para a Inglaterra onde a “Nova Arquitetura” gozava de prestígio²⁰.

“As obras de Gropius para a Fábrica Deutzer para a exposição de Colônia em 1914, os de Adolfo Abel para as sistematizações hidráulicas do Neckar, os de Behrens para a A.E.G., os de Brinkmann e Van der Flugt para as oficinas Van Nelle na Holanda, os de Mattè-Truco para o grande conjunto da FIAT-Lingotto nasceram desse entusiasmo total e são justamente considerados entre as mais significativas obras de arte da história da arquitetura moderna européia.” (PAGANO, In. MAZZOCHI, 1956-7, p.415)

²⁰ “Durante a generalização do perigo nazista, o Movimento Moderno e a diáspora de arquitetos afins se converteram ao Estilo Internacional e à sua correspondente teoria. O grande arquiteto finlandês Alvar Aalto predicou em seu país o recente evangelho suíço do CIAM, com o propósito de influenciar os mestres escandinavos Sven Markelius e Gunnar Asplund; enquanto que o georgiano Berthold Lubetkin se mudou para Paris e formou a equipe inglesa Tecton.” (PHILLIPS, p. 18)

²¹ “O problema da arquitetura moderna não é um problema de reorganização linear. Não se trata de encontrar novos perfis, novas esquadrias para janelas e portas, substituir colunas, as pilastras, as mísulas por cariátides, por moscóes, por rês; não se trata de deixar as fachadas em tijolos nus ou de rebocá-la ou de revesti-la de pedra; não se trata, em uma palavra, de determinar diferenças formais entre o edifício novo e o velho, mas sim de criar totalmente a casa nova, construí-la reunindo todos os recursos da ciência e da técnica, satisfazendo senhorialmente toda exigência de nossos costumes e de nosso espírito,... determinando novas formas, novas linhas, uma nova razão de ser somente nas condições especiais da vida moderna... Essa arquitetura não pode, naturalmente, estar sujeita a nenhuma

Uma contraposição à lógica cartesiana da Bauhaus ocorreu por meio do trabalho do jovem arquiteto italiano Antonio Sant'Elia²¹ (1888-1916), provavelmente influenciado pela obra de Giacomo Mattè-Trucco, por meio do movimento que foi chamado de Futurismo. Essa nova corrente, por sua vez, buscava o movimento, a velocidade e a desordem, quase como um relato sobre a indústria automobilística, assim como descreve Phillips (1992, p.14). A industrialização impunha uma nova ordem mundial de mudanças e movimentação. Sant'Elia, no catálogo da exposição do grupo “Nuove Tendenze” estabeleceu princípios fundamentais que regeram a arquitetura industrial do século XX. Infelizmente não existem exemplares construídos da obra de Sant'Elia, devido à sua morte prematura. Existem desenhos, muitos deles perspectivas “dramáticas” dos edifícios e pouquíssimas plantas e cortes. Em alguns trechos do manifesto do grupo “Nuove Tendenze”, as idéias são extremas, mas o texto possui coerência de quem conseguiu ver além de seu tempo, mesmo assim, suas prerrogativas foram experimentadas de forma concreta por Le Corbusier e Theo van Doesburg, na exposição De Stijl, de 1923, publicada no “L'Effort Moderne”.

“Não transcorreram muitos anos após o tempo em que um edifício realizado para o uso industrial não era considerado obra arquitetônica no sentido nobre da palavra, ou somente o era quando seu organismo vinha revestido de “arquitetura”, como a escala acadêmica do século passado havia ensinado.

Viam-se, de fato, estações ferroviárias de aparência mais de acordo com entradas de cemitérios, centrais elétricas em forma de pagodes ou templos. Eram essas as primeiras expressões de organismos totalmente novos e para elas procuravam-se formas que exprimissem monumentalidade volumétrica.” (Mazzochi, 1956-7, p.333)

lei de continuidade histórica. Ela deve ser nova, como são novos o nosso estado de espírito e as contingências de nosso momento histórico. A arte de construir pôde envolver no tempo e passar de um estilo ao outro mantendo inalterados os caracteres gerais da arquitetura porque, na história, são freqüentes as mudanças de moda e as determinadas pelas ocorrências de convicções religiosas e pela sucessão dos ordenamentos políticos; mas são raríssimas aquelas causas de profundas mudanças nas condições do ambiente que põem fora de uso e renovam, tal como a descoberta das leis naturais, o aperfeiçoamento dos meios mecânicos, o uso racional e científico do material. Na vida moderna, o processo conseqüente de desenvolvimento estilístico da arquitetura é detido. A arquitetura destaca-se da tradição; começa-se forçosamente do início.” Sant'Elia, catálogo da mostra do “Blau Reier” de 1913. (BENEVOLO, 1976, p.388)

Figura 37 - Fábrica de Papel Burgos, 1963, Mantova. Arquiteto Pier Luigi Nervi. Fonte:

Nos anos 40 e 50, a estrutura caracterizou a essência do edifício industrial. Nessas décadas surge uma estética organicista e tectônica, no sentido de que as construções seguem naturalmente as características construtivas, diagramas de esforços, quase que como a exaltação das forças da Natureza. No Pavilhão de Exposições de Turim (1948), o engenheiro Pier Luigi Nervi conseguiu alcançar o importante vão de 60 metros com o uso de pequenas peças pré-fabricadas em argamassa armada. Nervi desenvolveu as estruturas em casca que foram difundidas por muitas edificações industriais, como por exemplo, a fábrica de papel Burgos de 1962, erguida em Mantua, Itália. A necessidade de uma grande sala para a instalação das grandes máquinas fez com que Nervi trabalhasse com uma cobertura atirantada a dois grandes pórticos de concreto armado, assim como ocorre nas pontes pênséis.

Nos anos 50, na Fábrica “Goldzackwerke, na Suíça, dos arquitetos Danzeisen e Voser, o engenheiro Heinz Hossdorf desenvolveu um sistema de suporte metálico, baseado em vigas curvas, que sustentava cascas em concreto, sistema que foi utilizado no Brasil. A disposição das vigas nos sheds de iluminação possibilitou que a espessura das cascas fosse minimizada.

<http://en.structurae.de/photos/index.cfm?IS=51645> Acesso em 24.09.08 às 14:47h) Fotógrafo Yoshito Isono.

Figura 38 - Fábrica de Rum Bacardi, Cidade do México, Arquiteto Felix Candela. Fonte:

www.mexicoreis2008.nl/.../Mexico-Stad.html
Acesso em 22.01.09 às 10:40:10 h.

Figura 39 - Oceanário de Valencia, Arq. Felix Candela, ESP. Foto do autor, 2004.

Alguns arquitetos latinos trabalharam com as cascas, como é o caso do mexicano Felix Candela, em 1969-70, para a fábrica da Bacardi, ou do engenheiro-arquiteto Eladio Dieste, no Uruguai, onde construiu um enorme número de diferentes estruturas em cascas de tijolos de barro cozidos. Dentre essas estruturas encontram-se silos para grãos, sheds fabris, mercados e igrejas, todos com elegância e técnica excepcional. Apesar do desenvolvimento tecnológico e complexidade das formas, os sistemas possuíam simplicidade construtiva quase que intuitiva e economia de materiais²², situação ideal para o contexto latino-americano da época. Foi durante estas duas décadas que apareceu a noção de preservação dos edifícios industriais. Notou-se que a tipologia industrial está relacionada intimamente com a cultura de cada país, sua história social, econômica e da técnica²³.

²² Na maior parte dos casos, as construções se dão por meio de parábolas catenárias. A estrutura trata-se de abobadas catenárias que se cruzam. As catenárias de Candela contêm as idéias de desenho estrutural baseado na direção das forças atuantes, fazendo com que se usem os materiais de forma econômica.

²³ Nos últimos anos vem se ressaltando a importância da "Arqueologia Industrial", termo criado provavelmente por Donald Dudley nos anos 50 (KÜHL, 1998, p.222). "Seu aparecimento pela primeira vez em uma publicação data de 1955, quando Michael Rix, em artigo em "The Amateur Historian", clama pela documentação e preservação dos testemunhos da industrialização, muitos deles ameaçados de destruição." No Brasil, por exemplo, podemos notar os primórdios de uma industrialização na Época Colonial, com os Engenhos de Açúcar. Assim como, na Europa, são mais notáveis os primitivos moinhos têxteis e as fundições. De fato, devem ser preservados não apenas monumentos arquitetônicos, mas sim, os edifícios que são representativos de uma fase social, cultural e econômica de cada país. KÜHL(1998, p.221) aponta para a dificuldade da manutenção desses edifícios: "O patrimônio histórico que concerne à indústria é especialmente sensível por ocupar, geralmente, vastas áreas em centros urbanos e sua obsolescência e falta de rentabilidade tornam bastante delicada a questão de sua preservação. Desaparecem não apenas os edifícios industriais em si, mas também os vestígios dos produtos ali fabricados, dos métodos de produção, das condições de trabalho e moradia do operariado, das relações sociais e espaciais em uma cidade ou região."

A cobertura deste edifício foi realizada em cascas de concreto armado, tecnologia importada dos projetos fabris do mesmo arquiteto.

Figura 40 - Silo Cady, Eladio Dieste, Young, URU, 1978. Fonte: JÜTTNER, 2004, p. 62.

A figura acima apresenta uma casca finalizada, executada com em alvenaria armada de tijolos de barro cozidos maciços argamassados. À direita, por sua vez, podemos visualizar a precisa forma realizada em madeira com a posição de cada um dos tijolos. Nota-se a escala da construção pela comparação com a dimensão dos operários.

O silo horizontal de Eladio Dieste apresentava-se particularmente econômico em relação aos silos verticais na relação custo por tonelada de grãos armazenados.

Figura 41 – Fábrica e mobiliário USM, Arq. Fritz Haller, SUI. Foto: T.B.R. Bortolato, 2008.

Em 1958, a arquitetura industrial retoma novamente os rumos dos aspectos formais de componentes industriais. A experiência do arquiteto Myron Goldsmith que projetou os hangares de manutenção da “United Airlines” em São Francisco, Estados Unidos, é um dos exemplos. O edifício possui pilares em concreto armado e as vigas de cobertura metálicas. A vantagem do sistema era a possibilidade da extensão para as duas direções, seguindo as, cada vez mais importantes, características de expansão e flexibilidade industrial.

Os sistemas construtivos pré-fabricados e flexíveis foram aprimorados com o trabalho do arquiteto Fritz Haller, que projetou, na década de 60, um sistema aberto para a fábrica em Münsigen, Suíça, baseado em estudos tipológicos das atividades das indústrias sintetizados num apuro ímpar pelo detalhe das peças, assim como ocorrera na obra de Mies van der Rohe. O edifício para uma fábrica de esquadrias metálicas foi pensado em modulação até mesmo com o design do mobiliário. Hoje em dia, é interessante que a produção da fábrica da USM “Modular Furniture System” voltou-se totalmente para o mobiliário, que é o mesmo desde a década de 60, e já é considerado um clássico do design, participando inclusive da exposição permanente do MOMA, Museu de Arte Moderna de Nova Iorque. O museu utiliza-se do mobiliário em sua parte administrativa.

A clareza das atividades, demonstradas pelo método construtivo pré-fabricado ou não, demonstra a vontade em se observar o processo produtivo em andamento, o que influenciou alguns edifícios da época. O prédio da faculdade de engenharia da Universidade de Leicester, na Inglaterra, de 1959, projetado pelos arquitetos James Stirling e James Gowan, é composto por diversos volumes diferentes e prismáticos justapostos, que apresentam, em fácil leitura, as diversas atividades como os ateliers, laboratórios e escritórios. Combinaram “formas canônicas do movimento moderno com elementos extraídos do vernáculo industrial e comercial da Liverpool de Stirling.” (Frampton, 1997, p. 325)

A partir da década de 60 surgiram edifícios que já não buscavam a “verdade” estrutural que era pregada anteriormente. Um caso interessante é o da Fábrica Farmacêutica em Nova Iorque

projetada pelo arquiteto Paul Rudolph, em 1964. O edifício privilegiou a aparência volumétrica sobre a estrutura. Podemos inserir este edifício dentro do “Brutalismo”. “A alta tecnologia e a cultura pop – foram os dois fenômenos que marcaram o discurso arquitetural internacional dos anos 60.” (BIERMANN et al., 2003, p.770)

Figura 42 - Fábrica Farmacêutica Bristol-Myers, Nova Iorque, EUA, 1964. Fonte: <http://ww1.prweb.com/prfiles/2005/08/25/277119/1000StewartAve.jpg>

O “High-tech”, tipicamente inglês, surgiu neste período. Dentre os grupos que propunham essa nova visão, o mais importante foi o “Archigram”. Esse grupo, composto por jovens arquitetos britânicos, propunha “projetos futuristas, cidades utópicas, misturando o sério com o divertido, para uma civilização globalizada e altamente tecnicizada.” (BIERMANN et al., 2003, p.770)

Figura 43 - Desenhos Archigram. Fonte: www.skyscrapercity.com

Figura 44 - Centro de Distribuição da Renault, Arq. Norman Foster, Swindon, ING.
Fonte: Phillips, 1992, p.66.

Figura 45 – Seção Genérica do Edifício da Renault, Norman Foster, Fonte: <http://www.fosterandpartners.com> Acesso 12.02.09 às 17:06:30h.

A partir dos anos setenta, desenvolveram-se muitos edifícios e sistemas construtivos que permitiam a expansão, flexibilidade e mudanças de usos. A malha construtiva ganhou importância. É o caso, por exemplo, da fábrica de componentes eletrônicos em Swindon, Reino Unido, projetada pelo TEAM 4 do qual faziam parte os arquitetos Norman Foster e Richard Rogers. Na mesma cidade está outro importante projeto industrial de Norman Foster e Ove Arup, a Central de Distribuição da Renault, um pouco mais tardio, de 1981-1983, que se baseia nos mesmos princípios de lógica construtiva modular e flexibilidade. O edifício é composto por quarenta e duas unidades de um sistema construtivo específico, de 24 metros de lado, em estrutura metálica, montadas lado a lado. O sistema baseia-se em mastros de 16 metros de altura, localizados na grelha de 24x24 metros, que atirantam as vigas metálicas e conseqüentemente a cobertura do edifício. Os espaços funcionais, como por exemplo, a central de distribuição, o centro de logística, a sala de exposições, o centro de formação e o restaurante, beneficiam-se da totalidade do pé-direito. A fachada é independente.

Apesar destes exemplos específicos:

“a arquitetura industrial dos anos cinquenta, sessenta e setenta era indiferenciada, dava a impressão que as empresas de manufatura e as indústrias de serviço estavam satisfeitas com a vulgaridade de uma nave simples, barata, com boas instalações, e de que tendiam a considerar a “arquitetura” uma arte superior reservada às universidades e edifícios públicos, à religião e ao comércio.” (Phillips, 1993, p. 22)

Figura 46 e 47 - Fábrica Inmos -Planta de Serviços, Cobertura e Perspectiva módulo estrutural. Fonte Richard Rogers.

Figura 48 - Foto da Fábrica de microprocessadores Inmos, Arq. Richard Rogers, Newport, ING, 1982. Fonte: Phillips, 1992, p.97.

Figura 49 - Lloyds Bank, Richard Rogers, ING. Fotos do autor, 2004.

Em 1971, anunciou-se o ganhador para o Centro Cultural Georges Pompidou de Paris. O projeto vencedor foi elaborado por Richard Rogers e Renzo Piano, para a região do Beaubourg, entre Les Halles e o Marais, em Paris. Apesar de ser um centro histórico Hausmaniano, o edifício buscava uma estética contrária ao contexto do centro histórico de Paris, novecentista, baseado no que, na época, podia se entender pelo “High-tech”. O edifício tem sua construção dominada pela sua ossatura aparente. Em 2007, quando Richard Rogers ganhou o Prêmio Pritzker, o jornal novaiorquino “New York Times” apresentou o edifício como um projeto que colocou a arquitetura mundial de cabeça para baixo, no bom sentido. O edifício apresenta-se como um ícone do High-Tech.

Após a construção do Centro Georges Pompidou, o arquiteto Richard Rogers projetou a sede do Lloyd’s Bank no centro financeiro de Londres, utilizando-se da mesma linguagem “high-tech” que remete a componentes retirados diretamente de processos industriais. Dentro do conceito de flexibilidade das instalações industriais, todos os dutos são aparentes, bem como instalações de elevadores e circulação vertical por escadas. As janelas seguem formas circulares encontradas nos visores de laboratórios. O edifício tem estrutura metálica e diversos revestimentos, destacando-se o aço inox, freqüentemente utilizado nas tubulações industriais, em função de sua durabilidade. A estética é de um ambiente de produção e não de um edifício de escritórios.

Esse processo culminou na Fábrica de microprocessadores Inmos, de Richard Rogers, 1982, onde são muito claras as soluções estruturais e formais do edifício em função de suas características funcionais. Seguindo um princípio muito parecido, está a o Centro Tecnológico PA, de 1985, em Princeton, Nova Jersey, Estados Unidos. Outro exemplo é do Laboratório de Pesquisas Schulerberger de Michael Hopkins. Localizado em Cambridge, Inglaterra, e construído em 1984, o edifício inova pela ginástica estrutural, de cabos, mastros e coberturas têxteis, calculada pelo escritório Ove Arup & Partners, e pelo fato de ser voltado para o usuário, propondo o intercâmbio entre os diversos laboratórios, num jardim coberto no centro do conjunto, onde também se localizam a biblioteca e o restaurante.

1.8. Indústria e Cidade

A indústria e seu desenvolvimento são responsáveis pelas cidades como as conhecemos hoje em dia. Foi o surgimento das fábricas que abriu novas questões em relação à produção de bens de consumo em grande quantidade e as novas relações destas atividades com as cidades. As indústrias mecanizadas de grande porte suplantaram as atividades artesanais e Corporações de Ofícios que se localizavam nos centros das cidades. Assim, a comunicação entre as cidades e áreas distantes sofreu grande desenvolvimento, as cidades necessariamente teriam que ser planejadas. Arquitetos que refletiram sobre estas questões urbanísticas, como Tony Garnier, Frank Lloyd Wright, Richard Neutra e Walter Gropius influenciaram fortemente o pensamento arquitetônico de suas gerações. Todos eles viam a cidade industrial moderna e essas relações como uma “utopia predileta”. A cidade industrial nascia pelo problema econômico e filosófico, da organização do trabalho e da vida dos trabalhadores. A arte, segundo Giuseppe Pagano (Mazzochi, 1956-7, p.337), estaria ligada à produção de uma fábrica moderna, utilizando-se de uma retórica utilitária e racional, e não apenas rebuscamentos estilísticos.

Figura 50 – Cidade Industrial (“Cité Industrielle”), Tony Garnier, FRA, 1917.

Em 1898, no campo do Urbanismo, Ebenezer Howard apresentou uma evolução à cidade projetada por Tony Garnier, composta por habitações operárias em repetição infinita e dispostas de forma insalubre. O modelo das “Cidades Jardins” de Ebenezer Howard se apresentava bem melhor. Propunha a vida urbana com trabalho e entretenimento e também uma saudável configuração da área rural, com os cinturões verdes. Trinta anos depois, a Carta de Atenas de 1933, apresentou a necessidade da luz, ar e insolação como demandas essenciais para o desenho do meio-ambiente urbano.

Nos projetos urbanos de Arturo Soria y Mata para a Cidade Linear de Madrid, de Garnier, de Ludwig Hilberseimer e de Le Corbusier a indústria é colocada de forma segregada em relação à cidade.

A partir de meados do século XX, a indústria pesada foi complementada e posteriormente trocada por processos produtivos que requeriam menos espaço e causavam menor poluição. Flexibilidade e possibilidade de expansão tornaram-se cada vez mais importantes e tornou-se possível, novamente, integrar a indústria com o seu contexto urbano, com o trabalho e a habitação localizados um próximo ao outro. Fato fundamental, uma vez que a sociedade transforma-se neste momento, de tipicamente agrária para uma sociedade urbana²⁴. Por esse motivo, mais do que uma indústria em um Distrito Industrial afastado do centro urbano, como ocorreu por muitos anos após a Revolução Industrial, é necessário se repensar uma indústria urbana sustentável. A evasão das Indústrias das áreas urbanas elimina relações interessantes com o aspecto de vida das cidades que vem cada vez mais se transformando em locais tipicamente voltados ao setor terciário. Isso pode ter relação com a saída das pessoas do centro antigo da cidade e sua crescente degradação, no entanto, não é objetivo deste trabalho estudar estes temas de forma aprofundada. Graças às tecnologias mais limpas e compactas, maior controle da produção e normalização, pode-se pensar numa reorientação a respeito do urbanismo e da presença das indústrias nas cidades. “A essência da cidade, entendida como fenômeno coletivo no qual se reflete a história da humanidade, é questionada fundamentalmente ao serem excluídas as edificações industriais.” (DETAIL 9)

²⁴ O Brasil passa no presente ano de 2007, pelo primeiro momento histórico onde a população urbana ultrapassou em número de pessoas a população rural, segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

Muitas plantas industriais, hoje em dia, têm reduzido drasticamente as suas emissões. Desta forma, nada mais se apresenta como obstáculo à sua presença dentro do meio urbano. Em Paris, na região do Ourcq, podemos citar iniciativas nesse sentido por meio do projeto dos arquitetos Paul Chemetoff e Borja Huidobro. A região do Ourcq fazia parte de uma ZAC (“Zone d’Aménagement Concerté”, em português, Zona de Urbanização Específica), que consistia em um instrumento do direito urbanístico francês estabelecido pela Lei de Orientação fundiária de 1967. Este instrumento foi modificado inúmeras vezes, já não existindo hoje como tal. A preocupação dos arquitetos e da Administração pública estava em criar, dentro da mancha urbana de Paris, áreas para produção e desenvolvimento tecnológico. Nasce de uma preocupação em se manter viável a manutenção dos empregos da cidade, bem como, utilizar-se de uma vasta rede de transportes urbanos já instalados e ociosos em algumas regiões. No século XIX, estabeleceu-se no local um distrito industrial em função da localização às margens do Rio Ourcq, beneficiada pelo transporte fluvial. O envelhecimento das indústrias fez com que a zona em questão entrasse em declive, apesar de estar num local paralelo a rápidos e modernos serviços de transporte. Para um adequado futuro da cidade de Paris, notou-se que é importante que os subúrbios como a zona do L’Ourcq voltem a ser partes vitais da cidade. No local construíram-se grandes praças, vias internas e equipamentos. A decisão foi a criação, no local, de um centro plurifuncional para pequenas empresas que pudessem absorver a mão-de-obra da região e impedir o espraiamento da mancha urbana. Essa condição de expulsão da indústria dos centros das cidades relaciona-se com o saneamento básico das cidades dos séculos XVIII e XIX. No entanto, hoje existem atividades com baixo impacto ambiental que podem voltar a ocupar essas áreas degradadas, como é o caso das empresas de tecnologia de ponta.²⁵

Hoje em dia, vem sendo mais comum a criação de indústrias em zonas urbanas, pois, assim com descreveu Seluainov, já em 1961(p.13):

²⁵ “Num esforço de reintegração da indústria não poluente à cidade, alguns destes edifícios destinados a abrigar pequenas indústrias, retomam uma fórmula já adotada no passado. A solução não é tão nova quanto parece. Há exemplos de vários países como aqueles da “rue des immeubles Industriels”, de 1980, a cidade “Clementel”, de 1937, ambos em Paris – França, e em São Paulo – Brasil, no bairro do Bom Retiro os conjuntos que abrigam pequenas indústrias de confecção.” (BITTAR, 2000, p. 112)

Figura 51 - Centro de Atividades da Região da ZAC do Ourcq, Arqs. Paul Chemetoff e Borja Huidobro, Paris, FRA. Fonte: Phillips, 1992, p.71.

“(...) Situando-se as empresas dos ramos industriais antes indicados em zonas urbanas, diminui-se notavelmente os custos e se encurtam os prazos da sua construção. Assim deixam de ser necessários alguns trabalhos custosos, tais como: rodovias de acesso e condução de água em zonas extra-urbanas, canalizações com as suas respectivas construções, redes elétricas, etc. Além disso, diminui-se o volume de construções para habitação e não há necessidade de instalações para o transporte, já que as empresas se prestam, tanto durante o período da construção como no período de seu serviço, do sistema centralizado de transportes coletivos da cidade.”

O fato de localizar-se em zona urbana facilita a atração das pessoas ao trabalho. O prazo de construção reduzido diminui o tempo de amortização dos custos despendidos com a construção do edifício industrial, pois, com a redução em tempo, que chega a duas ou três vezes o prazo da construção tradicional, a produção tem antecipado seu início.

“Na conexão das edificações industriais com outros aspectos da vida da cidade poderiam resolver-se mais problemas que os surgidos por falhas nesta reciprocidade. Graças a tecnologias muito mais limpas e compactas, a indústria cria por ela mesma requisitos para uma reorientação. A essência da cidade, entendida como fenômeno coletivo em que se reflexa a história da humanidade, é questionada fundamentalmente ao serem excluídas edificações industriais.” (DETAIL 9) (Tradução do autor)

Assim como em Paris, descrita anteriormente, muitas outras cidades ao redor do mundo vêm sofrendo, nos últimos anos, mudanças nas áreas industriais, que entram em decadência devido a diversos fatores urbanos e mudanças de mercado. Em São Paulo, o sucateamento da rede ferroviária, implantada por empresas inglesas no século XIX, fez com que degradingassem os edifícios industriais de bairros típicos como é o caso da Mooca. Estas regiões, uma vez centrais, ainda apresentam-se com diversos galpões obsoletos, sendo absorvidas por serviços e edifícios residenciais.

Mais do que questões relativas à infra-estrutura urbana, os edifícios industriais ainda colocam novas questões que farão com que essa tipologia modifique-se radicalmente no futuro. RICHARZ

(In. JÜTTNER, 2004, p. 29) expõe que o desenvolvimento, e a manufatura de protótipos serão elaborados por trabalhadores extremamente qualificados, que também terão grandes expectativas relativas ao desenvolvimento de seus locais de trabalho.

O projeto Genesis, na cidade inglesa de Warrington, de autoria de Hugh Cannings, David Birchell, Peter Standing e David Gilbert, está entre essas tentativas de se propor atividades que possam se localizar nos centros urbanos. “Nasceu de uma pesquisa que acusou a necessidade de implantar um espaço para abrigar pequenas indústrias com atividades científicas avançadas, atividades administrativas, de pesquisa e comerciais, voltadas à exportação de produtos”. (BITTAR, 2000, p.112). Os parques científicos se proliferaram por toda a Inglaterra. As autoridades locais, universidades e setor público britânico estão estimulando esse tipo de iniciativa. O intuito principal é que estes centros tecnológicos garantam a prosperidade industrial do país, estando sempre entre os países de ponta no desenvolvimento de produtos de alta tecnologia e alto valor agregado.

No entanto, o problema atual na cidade de São Paulo é o baixo estoque de terrenos vagos para utilização e seu custo elevado. São Paulo poderia utilizar-se de áreas degradadas localizadas no centro urbano mais antigo ou bairros como o caso da Mooca, região onde se concentrava grande parte das indústrias de São Paulo no século XIX, que é dotado de todas as redes de infra-estrutura urbana. Estes edifícios, por sua vez, tenderiam a ser verticais em função dos custos mais altos da propriedade do que eventuais custos a serem despendidos com o acesso vertical. Áreas como estacionamentos poderiam ser reduzidas a um mínimo viável devido à proximidade com as áreas residenciais, gerando impactos positivos no tráfego urbano de automóveis e na qualidade de vida dos trabalhadores. Este meio urbano, diferente do segregacionista da Carta de Atenas de 1933, oferece a densidade e a variedade urbana necessárias a um ambiente de vivência de qualidade e uma cidade “viva”. A Carta formulava como requerimentos para cidades saudáveis, a divisão

em três setores: moradia, recreação e trabalho. Propunha estas divisões entre outros motivos para manter as áreas residenciais protegidas como por barreiras verdes das emissões nocivas fabris, é muito razoável naquele momento. Hoje em dia, pode ser questionado em função dos avanços tecnológicos que permitam menor emissão de efluentes.

2. BREVE HISTÓRIA DA ARQUITECTURA INDUSTRIAL NO BRASIL

“As grandes fábricas estão desaparecendo da paisagem da cidade. Em bairros como o Brás e Lapa, pavilhões industriais imensos estão abandonados ou com novas formas de utilização. Foram transformados em depósitos de mercadorias e até em locais de estacionamento. Mas durante 100 anos, os grandes pavilhões industriais foram um traço característico de São Paulo. Suas paredes de tijolos aparentes deram à cidade uma fisionomia de centro industrial da Europa do Norte ou dos Estados Unidos. É interessante procurar saber como surgiram essas indústrias, quem foram seus criadores, de onde vieram e como viveram seus trabalhadores.” (REIS FILHO, 1990, p.6)

O objetivo deste sub-capítulo não é desenvolver uma análise completa a respeito do Desenvolvimento da Indústria Brasileira, mas sim, apresentar, de forma sucinta, as condições que levaram à forma da edificação industrial no país. Para isso, foi realizado levantamento bibliográfico em livros, dissertações, teses e revistas, sob o enfoque principal da Industrialização do Estado de São Paulo. As principais características construtivas analisadas serão: material empregado, técnica construtiva, relação com o espaço urbano, uso e área.

A condição de Colônia de exploração do Brasil, fez com que a industrialização do país acontecesse de forma tardia em relação aos países pioneiros como é o caso de alguns países europeus – Inglaterra, França, Alemanha – e na América, os Estados Unidos. A primeira fase da indústria no Brasil é a fase de sua ausência ou negação, quando outros países já desenvolviam atividades de produção em massa. Essa fase deu-se entre o descobrimento em 1500 e a chegada da família real em 1808, fuga das tropas de Napoleão Bonaparte. Esse período é conhecido como da “Proibição” e eram permitidas apenas indústrias pequenas para atender o comércio interno – exemplo, calçados, vasilhames -, atividades praticamente artesanais. Os engenhos foram a primeira forma de manufatura e eram controlados pela Metrópole e dominados por portugueses e holandeses. As construções em madeira, taipa e pedra, conforme a disponibilidade no local, eram projetadas em geral por engenheiros militares europeus, enviados à colônia para criação de edifícios de defesa e organismos públicos das primeiras vilas.

Figura 52 - A Indústria no século XV, pintura de Oscar Pereira da Silva, 1903. Vila Pentecostada. Fonte: FAU-USP, 2002.

Figura 53 - A Indústria do século XVI ao século XVIII, pintura de Oscar Pereira da Silva, 1903. Vila Pentecostada. Fonte: FAU-USP, 2002.

Figura 54 – Fornos e Real Fábrica de Ferro Ipanema, Iperó, SP. Fotos de André Bonacin e Ricardo Koracsny. Fonte: <http://www.panoramio.com/photo/2728744> e <http://www.panoramio.com/photo/10674699>. Acesso 26.01.09.

As indústrias do ferro e têxtil começaram a aparecer por aqui somente a partir de meados do século XVIII e XIX, o que desagradava a Metrópole uma vez que a independência financeira podia levar à independência política. Em 5 de janeiro de 1785, D. Maria I assinou um alvará, extinguindo todas as manufaturas têxteis da colônia, exceto a dos panos grossos para uso dos escravos e trabalhadores.

Em 1808, D. João VI, recém chegado ao Brasil declarou a abertura dos portos, fixando taxas alfandegárias aos produtos importados – de 24% em geral e 16% para os produtos portugueses. Em 1810 um contrato comercial reduziu para os mesmos 16% as taxas para os produtos ingleses o que foi estendido a todos os países em 1828. Essas taxas impediam o desenvolvimento de uma indústria nacional. A primeira lei contra o protecionismo econômico e a favor da indústria do país ocorreu apenas em 1844, decretada pelo então Ministro da Fazenda, Manuel Alves Branco – Lei Alves Branco –, que determinava que os produtos importados com similares brasileiros pagassem impostos de 60%, enquanto que os que não tivessem similares por aqui pagariam apenas 30%. De fato, essa lei não foi suficiente para que a indústria brasileira pudesse se desenvolver com tamanha defasagem que já possuía em relação à indústria européia.

Os primeiros edifícios industriais europeus são considerados as fundições de aço do início do século XVI. No Brasil, a primeira fábrica de ferro data da segunda metade do Século XIX. Esta fábrica estava localizada na mata cerrada do Morro de Araçoyaba, atual Floresta Nacional (Flona) de Ipanema, no município de Iperó, região de Sorocaba, São Paulo. “Europeus, sobretudo espanhóis e portugueses, à frente de indígenas e mamelucos, retiravam de fornos uma massa pastosa e incandescente que era levada para o malho e transformada em barras” (TOMAZELA, 2007, A29). A Real Fábrica de Ferro Ipanema foi criada por uma Carta Régia de 1810 e produziu ferro e aço de 1811 a 1895.

No final do século XIX, quando já ocorria a Segunda Revolução Industrial, marcada pela presença da tecnologia, ou seja, incorporação dos conhecimentos científicos às técnicas industriais (Santos, 2006, p.26), o Brasil ainda se apresentava um século em atraso em relação aos países desenvolvidos.

Em 1846 a indústria têxtil recebeu incentivos fiscais e no ano seguinte, matérias-primas em geral, necessárias à indústria do país. No entanto, a indústria ainda não tinha como se desenvolver

uma vez que o país ainda apresentava um regime escravocrata, sendo pequena a disponibilidade de mão-de-obra de trabalhadores livres e assalariados e portanto, pequeno o mercado consumidor.

O ano de 1850 é fundamental para a indústria brasileira. A Lei Eusébio de Queirós, que proibiu o tráfico de escravos trouxe consequências importantes: o capital empregado na compra de escravos foi destinado ao desenvolvimento industrial, e a cafeicultura em desenvolvimento crescente incentivou a imigração ao país em grande escala, constituindo-se assim, uma nova classe de trabalhadores assalariados e, portanto, pela primeira vez, um mercado consumidor efetivo. A entrada do Brasil na era industrial e o desenvolvimento industrial de proporções significativas, no entanto, ocorrem apenas nos anos cinquenta do século XX. Vale lembrar que fora da Grã-Bretanha, a Revolução Industrial estava longe de ser completa, mesmo em 1880; a Alemanha entrou no estágio industrial em 1870 e os Estados Unidos durante os anos seguintes a 1860, embora não tenha conseguido uma estrutura firme até o final do século²⁶.

A Industrialização de São Paulo, especificamente, foi provocada pelo comércio do café e os lucros obtidos com a venda desse produto no mercado externo. WARREN (1971, p.10) destaca que o café proporcionava o pré-requisito elementar de um sistema industrial – a economia monetária. Foi o excedente de dinheiro advindo da exportação do café que custeou, inclusive, melhorias fundamentais para a industrialização, dentre elas as ferrovias, a Rede de Energia elétrica, a rede de gás, os bondes e o mais importante, a transformação social. O mesmo autor cita que as linhas ferroviárias foram construídas, em grande parte, com dinheiro particular dos plantadores, seduzidos pela perspectiva do frete do café. Em 1830, foi fundada a escola de Direito e antes mesmo da Primeira Guerra Mundial, as escolas de Engenharia, Comércio, Medicina e Biologia, custeadas pelo café.

Nestor Goulart Reis Filho (1990, p.6) descreve como a época da implantação das primeiras grandes fábricas do Estado de São Paulo, o período compreendido entre as décadas de 1860 e 1890. Isso ocorreu, portanto, antes das grandes correntes migratórias, alterando a noção de que os imigrantes foram os responsáveis e merecem honra pelos primeiros passos na industrialização de São

Figura 55 - Estação do Valongo, Santos, São Paulo. São Paulo Railway Company, Localiza-se ao lado dos antigos armazéns de café do Porto de Santos e próximo ao edifício da Bolsa do Café. Foi também porta de entrada de emigrantes embarcados para a cidade e interior do Estado de São Paulo. Mão-de-obra estrangeira que significou por muitos anos a quase totalidade dos operários das indústrias paulistas. Foto do autor, 2005.

²⁶ A Energia até 1850. In *A Invenção da Máquina a Vapor*, op. cit. pp.73.

Paulo. Esta idéia vem do fato de entre 1890 e 1900 a cidade de São Paulo ter a sua população composta por 50% de imigrantes e em algumas fábricas 90% dos operários serem europeus. Nas primeiras décadas, no entanto, as fábricas foram criadas pelas famílias mais ricas, ligadas às atividades mercantis e à produção de café. Dentre os nomes mais importantes estão: Silva Prado, Aguiar de Barros, Penteado ou Lacerda Franco, Rodovalho ou Pacheco Jordão, Souza Queiroz e Souza Aranha. Os primeiros imigrantes de peso equivalente apareceram então no final do século: Matarazzo, Crespi, Scarpa e Siciliano.

Nestor (1990, p.6) observa ainda que:

“(...) Foi depois de 1889, com a implantação da República, que se tornou mais simples a criação de empresas e se multiplicaram as oficinas e instalações industriais. A partir desse momento, ganharam importância as empresas de pequeno porte, fundadas por imigrantes.”

MAFFEI (1982, p.13-4) por sua vez, aponta como 1870 o ano do início da implantação da indústria no Estado de São Paulo e dividiu as fases de expansão Industrial de São Paulo em 5 períodos, compreendidos, respectivamente, até a década onde se insere a sua pesquisa: Primeiro Período, de 1870 a 1920, Segundo Período, 1920 a 1940, Terceiro Período, de 1940 a 1955, Quarto Período, de 1955 a 1965 e Quinto Período, de 1965 a 1980.

O primeiro período constituiu-se dos seguintes tipos de indústria: têxtil, couros e peles, madeira, metalurgia, cerâmica, produtos químicos, alimentação, vestuários e mobiliário. As fábricas eram pequenas e muito rudimentares, configuravam-se como pequenas oficinas.

“Como a exigência de espaço devido aos equipamentos era pequena, e não tinham problemas de poluição ou ruído excessivo, funcionavam em casarões, que eram edificações de 2 andares com a mesma solução usada para as casas comerciais, ou seja, no nível da rua funcionavam as oficinas e no andar superior, o escritório e às vezes, a casa do proprietário, como é o caso da Fábrica Nacional de Chapéus na rua onde hoje é a Ladeira do Ouvidor, no centro histórico de São Paulo, e da Fábrica de Chapéus Scritzmayer e Cia., na

rua Quirino de Andrade, que começou a sua atividade em 1853.” (MAFFEI, 1982, p. 28)

A Guerra Civil nos Estados Unidos estimulou, desde a década de 1860 a produção algodoeira na província de São Paulo. A abundância desta matéria-prima, por sua vez, estimulou a indústria, sendo que no final da década já se instalavam na província as primeiras fábricas têxteis e nos anos seguintes na capital. A primeira fábrica têxtil da capital chamava-se Companhia Industrial. Foi fundada, em 1874, pelo major Diogo de Barros. Possuía cerca de 150 teares e 400 operários, mas, o mais interessante foi a instalação, em 1880, de um gerador que permitia iluminação elétrica em seu interior. Solução que passou a ser adotada por todas as grandes fábricas de São Paulo, pois permitia o trabalho noturno. (Reis Filho, 1990, p.6)

O grande surto de industrialização que acontece em São Paulo a partir de 1900 tem relação com as condições econômicas favoráveis por meio da expansão da cultura cafeeira. O valor atingido pelo produto no mercado externo propiciou ao Estado de São Paulo investimentos ligados à sua rede ferroviária e Porto de Santos²⁷. Além desses avanços ocorreram melhorias nos sistemas de energia elétrica, segundo RUFINONI (2004, p.33). A autora cita ainda que a disponibilidade de mão-de-obra foi fundamental para o desenvolvimento industrial. São Paulo absorveu grande fluxo de imigrantes em busca de melhores condições de vida no Mundo Novo, fugidos, na sua maior parte, da Europa, em tempos de instabilidade política.

Até 1880, a cidade de São Paulo contava com dezesseis fábricas, número que passou a 39 entre 1895 e 1901. (RUFINONI, 2004, p.34) Estas fábricas em sua maior parte pertenciam a estrangeiros que acreditavam no lucro vinculado à economia cafeeira. A indústria de tecidos de algodão se destacava sendo a principal atividade da cidade nas primeiras décadas do século XX. Em São Paulo a indústria se implantou ao longo das ferrovias, pois além de facilitar o escoamento da produção, era por meio das ferrovias que os imigrantes se estabeleciam em São Paulo, tornando as regiões próximas em bairros operários e industriais. Veremos a seguir que a política de implantação rodoviarista a partir da década de 50 fez com que muitas destas indústrias fossem abandonadas.

Figura 56 - Flieg, Hans Gunter. Fábrica de calçados Clark. Rua da Mooca. São Paulo. SÃO PAULO / Brasil. 1954. Acervo Instituto Moreira Sales.

“A fábrica da Clark, instalada em 1904 no bairro da Mooca, São Paulo, foi a mais moderna do Brasil, com aproximadamente 200 máquinas e uma produção de 20.000 pares de calçados por mês. A maior parte da venda era de calçados para homens, e algumas das maiores vendas foram para o exército nacional, assim como para o Corpo de Bombeiros de São Paulo. A loja mais elegante, em 1910, situava-se na esquina da Rua do Ouvidor com a travessa do Ouvidor, no Rio de Janeiro, com grandes vitrines, confortáveis cadeiras e bem dispostas prateleiras. Uma nova fábrica de calçados para senhoras foi construída em 1949 na rua da Mooca, em São Paulo, assim como outra fábrica inaugurada em 1953 no bairro do Ipiranga, também em São Paulo. Na foto, a Fábrica de calçados Clark, onde hoje é o edifício da Imprensa Oficial do Estado, na rua da Mooca.” (Instituto Moreira Sales)

²⁷ No ano de 1867 foi inaugurada a estrada de ferro Santos-Jundiaí na sua extensão de 139 km.

Do ponto de vista construtivo RUFINONI (2004, p.43) destaca que as fábricas paulistanas não variavam muito. “Os grandes edifícios – que chegavam a ocupar um quarteirão inteiro – geralmente eram construídos em alvenaria de tijolos aparentes e estrutura de ferro fundido ou aço”. Algumas vezes a alvenaria tinha papel estrutural e os pilares em aço fundido possuíam apenas a função de suportar parte da estrutura da cobertura. A solução em tijolos induzia, provavelmente, a soluções de vãos de portas e janelas altas em arcos abatidos, com espaço reduzido de verga. A maior parte destes edifícios era realizada em pavimentos simples, no entanto, existem ainda hoje, exemplares de edifícios verticalizados como o Cotonifício Crespi, de 1897, autoria de Giovanni Batista Bianchi²⁸, por exemplo. A estrutura metálica de muitos dos galpões foi importada. Muitas destas estruturas eram em *shed* vedados por vidros que permitiam a iluminação zenital e podiam, em certos casos, serem abertos para propiciar a ventilação. As tesouras e terças eram metálicas, na maior parte dos casos, e caibros e ripas eram de madeira. Utilizavam-se telhas cerâmicas importadas da França. Os caixilhos em geral eram executados em ferro, poucas vezes em madeira. Ornamentos eram realizados mediante aparelhagem cautelosa dos tijolos. Em relação à implantação urbana, RUFINONI classifica estes edifícios como lotes-quarteirão. Em geral eram blocos contínuos e compactos de massa edificada, alinhada à calçada pública, sem jardins ou quintais no seu interior. Nota-se que não existiam diversas preocupações relativas ao urbanismo e condições de salubridade.

Figura 57 - . Lanificio Ítalo –Paulista
(Galpões Industriais), 1912 ,localizado à Rua
João Bohemer, no Brás. Fonte: BAYEUX, 19-?.

²⁸ Os pé-direitos deste edifício variam entre 4,00 e 5,00 metros de altura. Os pilares estão dispostos em malha quadrangular de 7,00 x 7,00 metros.

As ferrovias foram implantadas pelas margens dos rios, em regiões mais baixas, de forma a minimizar as dificuldades proporcionadas pelo relevo do planalto, sobre o qual está a cidade de São Paulo. Por esse motivo, muito dos terrenos onde foram instaladas as edificações industriais pertencem a zonas com solo úmido. Em muitos casos, como por exemplo, nos galpões das Indústrias Matarazzo, localizados no bairro do Jaguaré, em São Paulo, as fundações foram executadas com estacas de pinho. A madeira constantemente umedecida não apodrece e nem perde suas propriedades de resistência mecânica.

Sob o ponto de vista construtivo, todos os edifícios industriais paulistas desse período apresentam as mesmas características. Todos constituem simples invólucros em tijolo, madeira e ferro. As produções internamente desenvolvem-se em função de sua melhor racionalidade e produtividade, no entanto, nessa época ainda definem pouco o edifício. De fato, o sistema construtivo utilizado era baseado no conhecimento construtivo da época e na disponibilidade de materiais. A diferença em relação à profusão de elementos decorativos nos edifícios ecléticos do mesmo período está no fato de que estes tinham muitos de seus componentes e materiais construtivos importados, o que encarecia a construção, e não era interessante no caso da arquitetura industrial.

Dentre importantes arquitetos do período estão: Julio Michele²⁹ – Galpão da São Paulo Alpargatas, 1907; Giovanni Batista Bianchi – Cotonifício Crespi, 1897; Ramos Azevedo e Ricardo Severo – Armazéns Ernesto de Castro e Victor Dubugras – Armazéns Gerais Piratininga.

A implantação industrial ocorreu junto com a criação das vilas operárias, com loteamento urbano bem distinto daquele da ocupação das indústrias. Os pequenos lotes, geralmente unifamiliares, eram concedidos aos trabalhadores pelos industriais, na tentativa de obter benefícios, como a fidelidade do trabalhador à fábrica.

O Segundo período, segundo MAFFEI, constituiu-se dos seguintes tipos de indústrias: extração de produtos minerais, de produtos vegetais, metalúrgicas, mecânicas, transformação de minérios não-metálicos, madeiras e produtos afins, papel e papelão, borracha, óleos e graxas vegetais, couros e peles, químicas-

Figura 58 - Lanificio Ítalo –Paulista, Via Central e Chaminé. Fonte: BAYEUX, 19-?.

²⁹ Arquiteto italiano, autor de importantes projetos na cidade de São Paulo como é o caso do Viaduto Santa Ifigênia. (RUFINONI, 2004, p.89)

farmacêuticas, pêlos e penas, têxteis, vestuário e calçados, produtos alimentares, bebidas e estimulantes, construção civil, produtos de eletricidade, editoras e gráficas.” (MAFFEI, 1982, p.14) A expansão da indústria deu-se principalmente em função de que as nações, envolvidas na Primeira Guerra Mundial, deixaram de cumprir os contratos de exportação para o Brasil. A falta dos produtos impulsionou o desenvolvimento industrial para atender o mercado interno. RUFINONI (2004, p.38) destaca que o aumento da produção industrial alcançou, em 1920, cifras que a equiparavam com a da produção agrícola, despertando assim maior interesse das autoridades governamentais em relação às possibilidades econômicas da indústria nacional.

“(...) De acordo com o levantamento realizado pelo Centro Industrial do Brasil em 1907, o Estado de São Paulo possuía pouco mais de 300 estabelecimentos industriais e ocupava o segundo lugar no país, logo atrás do então Distrito Federal, com aproximadamente 800 estabelecimentos. A partir de 1910, no entanto, São Paulo assume a primeira posição, centrando sua produção principalmente na indústria de transformação. No recenseamento de 1920, logo após a Primeira Guerra Mundial, observamos um aumento considerável no número de indústrias, mais de 4000; destaca-se também uma maior diversificação dos artigos produzidos. No levantamento de 1940, novamente outro salto quantitativo totalizando mais de 14 mil estabelecimentos industriais no Estado. (...)” (RUFINONI, 2004, p.39)

De fato o crescimento significativo da indústria se dá a partir da década de 1920. É nessa época que se estabelecem os distritos industriais, implantados fora da cidade, em bairros afastados, que hoje em dia já podemos considerar bairros centrais da cidade de São Paulo. É neste período que são construídas as primeiras edificações, que tinham o intuito de abrigar máquinas maiores. Utilizava-se, também, maior número de operários, mais de 200. Estes edifícios possuíam vão de 15,00 metros e pé-direito com mais de 6,00 metros.

DIAS (1993, p.9) observa que a partir da década de 20, constituíram-se em São Paulo excelentes fábricas de estruturas metálicas, como a Companhia Brasileira de Construção Fichtel Schawartz-Hautmont, de 1923, a Pierre Saby, de 1935, e posteriormente a Construtora Metálica Nacional e a União dos Construtores Metálicos.

“Eram todas de escola européia e operavam no mercado com estruturas do tipo filigrana, isto é, com estruturas leves, de um modo geral constituídas por elementos em formas de treliças.” (DIAS, 1993, p.9)

Em 1930, a Revolução e ditadura de Getúlio Vargas propiciaram novas condições favoráveis, apesar das condições políticas e ideológicas conservadoras. Houve neste momento a criação do Ministério da Indústria e Comércio e Ministério do Trabalho, situação que culminou na criação da legislação trabalhista e mais tarde a Consolidação das Leis do Trabalho. Durante esses anos ocorreu um processo de expulsão das oligarquias, que defendiam a posição agrário-comercial, do poder do Estado. Vargas adotou uma política de industrialização e substituição da mão-de-obra migrante pela mão-de-obra nacional, que em grande parte veio da cafeicultura que já não passava por momentos tão prósperos. Alguns autores consideram este período como a “Revolução Industrial do Brasil”.

“Em fins da década de 20 e na década de 30, com a importação dos equipamentos para as indústrias de material elétrico, metalúrgicas, e tecelagem, e com a penetração do capital inglês, surgem as estruturas metálicas importadas³⁰, e que constituíam a parte principal dos galpões industriais. Eram estruturas de pilares em perfil laminado, tipo I ou pilares em treliça de perfil de ferro de 2”, soldados ou aparafusados. A estrutura da cobertura era em tesouras metálicas, em perfil de ferro soldados ou aparafusados, tipo shed, com cobertura de telhas de ardósia importadas. Em algumas coberturas, como no caso das indústrias metalúrgicas, era usado um tipo de ventilação com uma defasagem na cobertura, formando um lanternim. O fechamento lateral era feito com parede de tijolo até a cobertura, acompanhando o desenho do telhado. Foi nesta época que surgiram as grandes chaminés de tijolo, formando um conjunto muito semelhante aos conjuntos ingleses do século passado. (...)” (MAFFEI, 1982, p.29-30)

Durante essas duas décadas a capital de São Paulo possuía mais indústria do que todas as outras cidades de São Paulo. Segundo MAFFEI (1982, p.16), em 1939, o valor da produção industrial ultrapassou o da agricultura em 30%.

³⁰ MUNCE (1960, p.4) descreve sendo os primeiros anos do século XIX o início do uso de ferro fundido em estruturas industriais. Esse avanço tecnológico deve-se ao fato de que as estruturas de madeira para as coberturas estavam mais sujeitas a propagar o fogo, destruindo assim o edifício por inteiro. Havia também a vantagem em se poder realizar estruturas de vãos maiores, necessárias para proteger o número crescentes de máquinas dentro dos edifícios fabris.

Figura 59 - Fábrica / Oficinas, Alcides da Rocha Miranda, Capela, Petrópolis, RJ, 1948.

O Edifício, de pequenas dimensões, com planta em forma da letra "H" foi projetado originalmente para abrigar uma fábrica de relógios, o que nunca ocorreu. Instalou-se então no edifício um escritório de aerofotogrametria. Destacam-se neste projeto o uso, pelo arquiteto, de características modernistas das primeiras fábricas internacionais. Na entrada, a marquise em sucessivas abóbadas, por sua vez, remete ao aspecto lúdico do modernismo brasileiro, assim como descreve CAVALCANTI (2000, p.62-63)

O Terceiro Período, compreendido entre 1940 e 1955, foi marcado pelas dificuldades geradas pela Segunda Guerra Mundial. Nesse período a produção voltou-se principalmente para o mercado interno, que passava por fase de expansão. MAFFEI (18982, p.18) destaca a taxa cambial baixa durante o período, que possibilitou a compra de maquinário e equipamentos em condições vantajosas, seguido de Leis de controle de importação que resguardaram os produtos nacionais. No entanto, até este período, a produção fabril brasileira constituía-se somente pela produção de bens de consumo. Vargas, atento a este fato, investiu na criação da infra-estrutura nacional: indústria de base e energia. Um importante passo na industrialização do Brasil começa em 9 de abril de 1941, com a criação da Companhia Siderúrgica Nacional CSN, com sede em Volta Redonda, Rio de Janeiro. O passo seguinte foi a criação da Companhia Vale do Rio Doce, em 1943 e Companhia Hidrelétrica do Rio São Francisco, em 1945. A criação destas indústrias de base e infra-estrutura foi possível por meio do Acordo de Washington, entre o governo dos Estados Unidos da América e do Brasil, com intuito de tornar o país um fornecedor de aço para os aliados, durante a Segunda Guerra.³¹ Surgiram, então, as estruturas metálicas nacionais.

“Desde o início seguiram as norma de cálculo e projeto americanos, e as montadoras de estruturas metálicas copiavam desenhos americanos ou ingleses, repetindo aqui, estruturas que eram feitas na Inglaterra há mais de 50 anos, sem nenhuma alteração.” (MAFFEI, 1982, p.30)

DIAS (1993, p.9) comenta a respeito da dificuldade encontrada pela CSN, na década de 50 para a comercialização dos produtos da linha de perfis pesados, a não ser trilhos e perfis laminados utilizados na Indústria de Transformação, que começavam a ser implantadas no país. Esta dificuldade vinha da tradição no uso de treliças conforme os projetos europeus. A solução proposta à CSN pela USX (United States Steel) foi a fabricação de estruturas pela Siderúrgica para consumir a produção de laminados e incentivar o uso.

³¹ Apesar de hoje em dia o Brasil ser um dos maiores produtores de aço do mundo, ainda sofremos com a falta de cultura em relação ao uso disseminado do material. A legislação de incêndio encarece demasiadamente as edificações realizadas em aço. Novos perfis tubulares, permitem melhores respostas a incêndios, quando preenchidos com concreto, formando estruturas mistas. Estes perfis, em ampla utilização na Europa e Estados Unidos, ainda são pouco difundidos no país. A superfície dos perfis tubulares também é menor do que a dos perfis abertos, facilitando a proteção contra a corrosão. A estrutura dos hospitais da Rede Sarah e da Fábrica do Centro de Tecnologia da Rede Sarah, de autoria do arquiteto João Filgueiras Lima, objeto de estudo de caso anexo, é realizada em perfis tubulares que funcionam inclusive como condutores de água pluvial. Estes perfis também são utilizados pelo Arquiteto Santiago Calatrava, criando-se novas soluções para coberturas de grandes áreas.

Pouco depois da criação da CSN, em 1946, o engenheiro Paulo Lorena fundou a SOBRAF (Sociedade Brasileira de Fundações), em vista da necessidade de execução das fundações da siderúrgica. Esta empresa permitiu a implantação de diversas indústrias e mais tarde tornou-se uma das maiores empresas de pré-fabricação em concreto armado do país, a CONSID. Lorena não importava “know-how” de outros países e é reconhecido pelas pesquisas no campo dos pré-fabricados em concreto armado.

Foi durante esse período que se estabeleceu o desenvolvimento industrial nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, que ainda hoje definem a concentração Industrial do país.

A década de 50 marca, ao mesmo tempo, a dificuldade de expansão da indústria do Brasil, devido a problemas como, falta de energia elétrica, baixa produção de petróleo e transporte deficiente, e por outro lado, a vinda de montadoras americanas e alemãs para o Brasil. As montadoras estabeleceram-se principalmente ao longo da Rodovia Presidente Dutra³² e da Via Anchieta. Seus edifícios eram grandes galpões metálicos com fechamento lateral e coberturas em fibrocimento ou chapas metálicas onduladas. As fachadas voltadas para as Rodovias eram executadas em tijolo cerâmico vermelho. Segundo MAFFEI (1982, p.30), tinham o objetivo de esconder a cobertura e dar forma retilínea e horizontal ao edifício. É importante destacarmos esta forma construtiva, pois passou a ser utilizada pelas indústrias de capital nacional, de forma a obter o mesmo status de grupos multinacionais.

Nesta mesma década, começam a ser publicados os projetos em revistas especializadas de arquitetura, como por exemplo: Acrópole e Habitat. Por meio destes artigos, podemos fazer um panorama da condição do edifício industrial, uso de métodos e sistemas construtivos e características formais e perceber que no Brasil, apenas quarenta anos após as experiências funcionalistas alemãs, o edifício industrial se desvencilhou de formalismos de fachada e passou a obedecer aos critérios de funcionalismo. As obras mais notáveis desse período, de arquitetos como os irmãos Roberto, Oscar Niemeyer, Rino Levi, criam uma série de novas formas a partir da plástica da estrutura. Podem ser citados como exemplos, respectivamente a fábrica da “Caterpillar”, da “Duchen” e da “Arno”.

Figura 60 - Bombo Weise, Construtora Cristesen Ltda., década de 1950. Localizada na Via Anchieta, km 14,5, no município de São Bernardo do Campo.

³² “Em 1934 apresentou-se o Plano Geral de Viação Nacional, no qual figurava a Rodovia BR-2, iniciada na década de 1940 e inaugurada em 19 de janeiro de 1951 pelo então Presidente General Eurico Gaspar Dutra (1946-1951), denominada depois como BR-116. As obras de duplicação começaram de modo pontual em 1959, foram aceleradas a partir de 1965 e concluídas em 15 de novembro de 1967, no governo militar do General Arthur da Costa e Silva. Passou a ser denominada então como Rodovia Presidente Dutra.” (Santos, 2006, p.27)

Figura 61 - Planta de Situação à Rodovia Presidente Dutra, km 45, Parque Novo Mundo, São Paulo, SP. Corte e Planta de um dos blocos da fábrica

Figura 62 - Fábrica Duchen, Arq. Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa, Guarulhos, SP, 1950. Foto: Hans Gunter Flieg, 1955. Acervo Instituto Moreira Sales.

A fábrica Duchen apresenta uma linha de pesquisa formal, dentro da obra de Niemeyer, uma vez que foi construída com uma estrutura semelhante à que havia sido utilizada no Laboratório de Estruturas do ITA (CTA) no município de São José dos Campos, SP e que também foi explorada no ano de 1950 no Clube de Diamantina, em Minas Gerais. Infelizmente, esta fábrica que surpreendeu o júri da Primeira Bienal de São Paulo, recebendo o primeiro prêmio para construções industriais, foi demolida durante a década de 1980. A fábrica apresentava possibilidades arrojadas no uso do concreto armado, aplicadas a um programa que usualmente se resolvia de forma restrita, seguindo características funcionais simples. O júri era presidido então por Siegfried Giedion, autor do célebre livro “Espaço, Tempo e Arquitetura”.

Na fábrica da Ericsson do Brasil, os arquitetos Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa, inovaram no uso de novas peças pré-fabricadas de concreto. A fábrica, de volume mais simples do que a Duchen, construída no município de São José dos Campos, possui uma estrutura mista de peças pré-moldadas de concreto e peças moldadas in-loco. Neste caso, os arquitetos apenas projetaram um envelope industrial para uma linha de produção que já havia sido determinada pelos projetistas internacionais da multinacional, situação típica da época, quando os projetos já integravam o “pacote” da compra do equipamento do exterior (SANTOS, 2004, p.150). As fundações foram realizadas através de estacas pré-moldadas de

concreto de 10 metros de comprimento, sobre a qual foram concretados in-loco, os pilares. Após esta etapa ergueram-se vigas de ligação e posteriormente lajotas de concreto de 5 centímetros de espessura. A impermeabilização contra os vazamentos foi feita através da aplicação de feltro asfáltico. Em algumas características da fábrica, no entanto, vemos o traço dos arquitetos como é o caso das vias curvilíneas ou da escultórica marquise de entrada que apresenta os potenciais do concreto armado e do cálculo estrutural.

A fábrica foi ampliada seguindo o mesmo sistema estrutural até não poder mais atender à demanda em expansão. A Ericsson trasladou-se para outro Distrito Industrial. Na fábrica antiga, que foi descaracterizada totalmente, funciona um centro de compras.

Figura 63 - Planta baixa da Ericsson do Brasil, O. Niemeyer e H. Uchôa, São José dos Campos, SP, 1950. Redesenho Fonte: Revista Acrópole, 205, 10, novembro, 1955.

Figura 64 - Ericsson do Brasil. Oscar Niemeyer e Hélio Uchoa Arquitetos. Os arquitetos fizeram uso de inúmeros elementos pré-fabricados. Notam-se, na figura abaixo, os planos de caixilhos e sua modulação além da cobertura de dupla casca em peças pré-moldadas leves. Fonte: Revista Acrópole, 205, 10, novembro, 1955.

0 2 10m

1 Espera	11 Cozinha	21 Usina Elétrica	31 Sala de Desenhos e Cópia
2 Contabilidade	12 Chefe Pessoal	22 Ferraria	32 Escola de Aprendizagem
3 Caixa	13 Refeitório	23 Galvanização	
4 Chefe fábrica	14 Arquivo	24 Seção Mecânica	
5 Conferência	15 Vestiários	25 Depósito Matérias-primas	
6 Chefe técnico	16 Depósito	26 Depósito de Peças	
7 Controle de trabalho	17 Escritório	27 Expedição	
8 Duplicadores	18 Seção de Ferramentas	28 Seção de Montagem	
9 Berçário	19 Polideiras	29 Embalagem e Carpintaria	
10 Amamentação	20 Pintura	30 Laboratórios	

Figura 65 – Complexo Industrial Fontoura S.A., Arq. Lucjan Korngold, São Bernardo do Campo, BRA, 1955. Fonte: Revista Habitat (21), 1955

Um notável exemplo de arquitetura industrial brasileira neste período é o conjunto de edifícios que formam o complexo industrial Fontoura S.A., localizado na via Anchieta, em São Bernardo do Campo, projeto de Lucjan Korngold³³. Os edifícios, de 1955, constam de três unidades principais, sendo elas, a fábrica de penicilina, a fábrica de produtos químicos e a fábrica de embalagens metálicas para produtos farmacêuticos. A tecnologia avançada dos processos de produção exigiu que antes da elaboração do projeto o arquiteto viajasse aos Estados Unidos, para visitar alguns estabelecimentos industriais dos mesmos produtos. A fábrica, com seu programa muito complexo tiveram sua organização produtiva e estudos preliminares elaborados nos Estados Unidos, no entanto, as condições brasileiras exigiram uma série de modificações. O arquiteto soube criar uma solução adequada e durante a inauguração, o inventor da penicilina, Alexander Fleming, chegou a considerá-la indubitavelmente a mais moderna do mundo. O interesse construtivo das fábricas reside no fato de que as estruturas de concreto foram executadas independentes em relação às alvenarias, que possuíam como única função ser o elemento de vedação das unidades. Utilizou-se de tijolos vermelhos tratados para resistir às intempéries. A fábrica de penicilina utilizou-se de engenhosa solução: o forro foi executado em laje de concreto e sobre esse forro, deixou-se um intervalo de 1,70m que voltou a ser coberto com telhas “brasilit”. Esse intervalo foi utilizado para a passagem das tubulações de água fria, quente, ionizada, vapor, ar-comprimido e distribuição de força. Os cabos elétricos corriam subterrâneos, em condutos em concreto armado.

³³ “Arquiteto. Forma-se engenheiro-arquiteto pela Escola Politécnica de Varsóvia entre 1921 e 1922. Obtém menção honrosa na 5ª Trienal de Milão, em 1933, com o projeto de uma residência em Varsóvia realizado com Henryk Blum (1897 - 1943). Participa da Exposição Internacional de Artes e Técnicas na Vida Moderna, apresentada em Paris em 1937. Em 1939 é chamado para integrar o Exército polonês. Nesse ano, a Alemanha invade a Polônia e inicia uma onda de perseguições aos judeus, que leva o arquiteto a fugir para Bucareste e se exilar no Brasil. A família do arquiteto, junto com 900 refugiados judeus, consegue a permissão de exílio graças às negociações estabelecidas entre o Vaticano e o Itamaraty. No navio em que viaja estabelece contatos importantes para o desenvolvimento de sua carreira como arquiteto em São Paulo. Trabalha no Escritório Técnico Francisco Matarazzo Neto entre 1940 e 1943. Associa-se ao arquiteto húngaro Francisco Beck (1901 - 1990) em 1944 e dois anos depois desfaz essa sociedade, e monta o Escritório Técnico Lucjan Korngold Engenharia e Construções. Naturaliza-se brasileiro em 1949, e em 1953 recebe o registro do Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura - Crea, podendo, então, assinar e se responsabilizar tecnicamente pelos projetos e obras do escritório. Em 1960, associa-se ao arquiteto brasileiro Abelardo Gomes de Abreu (1929), que, inspirado pelo modelo norte-americano, sugere a separação entre as atividades de projeto e construção, que passam a ser desenvolvidas pelo Escritório Técnico Lucjan Korngold Engenharia e Construções Ltda. e o escritório Lucjan Korngold e Abelardo Gomes de Abreu, respectivamente. Os projetos de Korngold no Brasil são divulgados a partir dos anos 1940 pela *L'Architecture D'Aujourd'hui*; na exposição Arquitetura Latinoamericana desde 1945, organizada pelo historiador da arquitetura Henry-Russell Hitchcock (1903 - 1987) no Museum of Modern Art of New York - MoMA [Museu de Arte Moderna de Nova York]; e pelo livro *Arquitetura Moderna no Brasil* de Henrique E. Mindlin (1911 - 1971).” Fonte: www.itaucultural.com.br Acesso 29.01.09 às 12:02:40h.

Na fábrica da “Arno”, em São Paulo, o arquiteto Rino Levi, com intuito de criar uma solução leve para a cobertura do edifício, de dimensões de aproximadamente 81x75m (na verdade possui forma de trapézio), utilizou-se de uma estrutura leve em treliças metálicas espaciais, criando elementos planos no galpão e elementos em arco no trecho de dois andares, destinado ao vestiário de operários e creche.

Essa solução foi repetida em inúmeras outras fábricas, de menores exigências de controle dos ambientes realizadas pela mesma empresa, a “MEM – Modernas Estruturas Metálicas”.

As estruturas pré-fabricadas para a Arquitetura Industrial passaram a uma nova fase de evolução. A este respeito escreveu VICARI (1959, p.319):

“Em geral, uma indústria necessita ser organizada, e conseqüentemente projetada, com uma certa elasticidade de soluções e de deslocação previsíveis, de maneira que as estruturas possam ser desmontáveis e sua recuperação integralmente possível em relação à evolução e articulação de programas futuros.”

Figura 66 - Fábrica Arno S/A Indústria e Comércio, Rino Levi, 1950. Redesenho a partir da Revista Habitat, 10, 1953.

A fábrica destaca-se pelo uso de treliças estruturais metálicas onduladas, o que empresta uma leveza incrível para a cobertura e despontava como uma novidade para a época. O aço utilizado era do tipo comum, igual àquele que utilizado nas estruturas em concreto armado. Todos os elementos construtivos, a não ser os pilares em alvenaria foram realizados com o uso destes vergalhões soldados, transformando-se em peças aramadas e incrivelmente transparentes.

Figura 67 - Fábrica PIRELLI, 1950. Fonte: Revista ACRÓPOLE 218, 1956.

Foram desenvolvidos novos elementos estruturais para as construções industriais. A Edibrás, responsável por obras como a da Pirelli S.A. Cia. Ind. Brasileira, no Rio de Janeiro, utilizou-se de estruturas pré-fabricadas em concreto vibrado, que, assim como VICARI (1959, p.319) descreve, já tinham largo aproveitamento na Itália e Argentina. No caso das coberturas, o sistema em concreto pré-moldado apresentava-se mais dispendioso do que as tesouras em madeira, no entanto, era uma alternativa mais barata em relação às estruturas de tesouras em ferro. O uso destes sistemas difundiu-se, pois, além do fator econômico, oferecia melhor resistência ao fogo e seguros mais baratos que aqueles para estruturas em outros materiais. As vantagens, em relação à resistência ao fogo, da estrutura em concreto armado monolítica são as mesmas das estruturas em concreto pré-fabricado, muito superiores à resistência das estruturas metálicas, o que já havia sido comprovado em situações na Argentina e durante a guerra na Europa.

Superior

Inferior

Figura 68 - Fábrica Pirelli, Edibrás - Construções Gerais Ltda., Santo André, SP, 1950. A interessante solução estrutural em concreto armado vibrado foi possível graças à colaboração entre industriais, projetistas e construtores. A indústria, apesar de compacta tem sua estrutura dividida em seis blocos que são estaticamente independentes. O sistema estrutural diferenciado propiciou benefícios em problemas, como por exemplo, a iluminação natural, que é específica em cada ponto da construção, em qualquer um dos dois andares.

0 2 10m

No Quarto Período, entre 1955 e 1965, inicia-se uma nova e importante fase da indústria brasileira, marcada pelo início da fabricação de bens de produção, ou bens de capital, ou seja, máquinas, veículos, equipamentos. A Eletrobrás fora fundada em 1951 e a Petrobrás em 1953-54, junto com a inauguração de várias refinarias estatais de petróleo (SANTOS, 2006, p.27). Esse desenvolvimento industrial propicia a criação em maior quantidade de empregos com maior grau de qualificação, trabalhadores com ensino superior. Destacam-se nesse período a indústria automobilística, de plásticos, de química pesada, de derivados de petróleo, de petroquímica, de máquinas e ferramentas, caldeiraria pesada e equipamentos eletrônicos. Os lucros e crescimento provenientes da Segunda Guerra que o Brasil obteve por meio das exportações possibilitaram que Juscelino Kubitschek, aplicasse o Plano de Metas que dedicava mais de 2/3 de suas verbas para os setores de energia e transporte. A indústria de bens de produção cresceu 37% contra 63% da indústria de bens de consumo. Este é o período da “Internacionalização” da Indústria brasileira, que podemos considerar vir até os nossos dias.

Em 1957, o projeto do arquiteto Paulo Antunes Ribeiro para a Gastal S.A., no Rio de Janeiro, inaugura uma nova tipologia do edifício industrial, o chamado “show-building”. O edifício para a venda e manutenção de automóveis era composto por escritórios, oficinas, e exposição e vendas. A natureza do negócio e localização do terreno exigia que o edifício possuísse características formais atrativas. A estrutura plástica foi realizada em colunas inclinadas em concreto armado que sustentavam os diversos arcos da cobertura realizados no mesmo material. O fechamento da cobertura se deu por meio de telhas de alumínio e sob esta foi realizado um forro para tratamento acústico.

Figura 69 - Pirelli, Edibrás, Rio de Janeiro, década de 1950. Uso de peças de concreto armado pré-fabricadas especiais.

Figura 70 – Gastal S.A., Arq. Paulo Antunes Ribeiro, Rio de Janeiro, BRA, 1957. Revista Acrópole (219): 1957.

O Quinto Período, segundo divisão de MAFFEI, de 1965 a 1980, caracterizou-se pela expansão industrial e diversificação da produção, sendo que o Brasil entrou na produção de bens sofisticados, como é o caso de aviões, computadores, calculadoras, produtos químicos. Nesse período, o Brasil estava totalmente aberto a investimentos estrangeiros, despertando interesse de multinacionais de diversos países. Os governos militares, após 1964, retomaram e aceleraram o crescimento econômico e industrial brasileiro. O Estado brasileiro assumiu certos empreendimentos como é o caso da produção de energia elétrica, do aço, indústria petroquímica, abertura de rodovias, dentre outros. Isso assegurou condições de expansão para a indústria privada.

Esse período corresponde à Terceira Revolução Industrial Global, que começou com o final da Segunda Guerra Mundial em 1945 e encerrou-se em 1970, nos países mais desenvolvidos da Europa, Japão e Estados Unidos. Neste momento as modificações foram ditadas por um constante aperfeiçoamento técnico da produção, e da organização e administração do trabalho. Houve uma rápida evolução das máquinas através dos avanços da microeletrônica e mecânica fina e posteriormente da Informática. A informática passou a permitir que os diversos setores das fábricas como Administração, Projeto e Produção não precisassem estar contidos necessariamente dentro de um mesmo espaço. Ainda é importante destacar que estas fábricas passaram a ser atores globais, associando mercados, matéria-prima e mão-de-obra por diversas partes do planeta. Nasce também, a fábrica de baixo impacto ambiental, apesar de serem plantas de grandes proporções. Já não são mais executados distritos industriais insalubres como as cidades industriais da Primeira Revolução Industrial. (Santos, 2006, p.33)

Em 1967, segundo VASCONCELOS (2002, p. 28), começou a implantação do Centro Industrial de Aracatu (CIA), na Bahia, momento em que foram instaladas várias indústrias. A demanda de estruturas industriais, portanto, incentivava a inovação, apesar das dificuldades frente à falta de técnicos especializados e ainda presente escassez de materiais como o ferro e o aço. Apesar das dificuldades, foi fundada a firma ESPREC (Estruturas Pré-fabricadas de Concreto). Dentre as principais peças pré-fabricadas para a Arquitetura Industrial que esta empresa começou a executar destacam-se estacas, terças de telhados, tesouras, pilares e vigas de ponte.

A empresa de pré-fabricados de concreto Oxford Ltda., estritamente brasileira e criada em 1951 como uma construtora de pequeno porte, em 1968, venceu uma concorrência internacional, consorciada com a francesa “Fives-Little-Cail”, obtendo o contrato

para a construção do Terminal Açucareiro do Recife. Segundo VASCONCELOS (2002, p. 54), utilizou-se de uma solução original, própria de arcos e lajes pré-fabricados, executados a partir de junta úmida, com dispensa de escoramento fixo e emprego de andaimes móveis, que resultou em galpões geminados de 78 metros de vão, 30 metros de altura e comprimento de 180 metros. Esta obra foi recorde mundial de vão livre, 78 metros.

A década de 70 caracteriza-se pelo espraiamento industrial, por meio de eixos rodoviários e municípios do interior e principalmente do Vale do Paraíba, caminho para outro importante centro urbano, o Rio de Janeiro. Segundo MAFFEI (1982, p.1), na década de 70, as universidades e empresas de consultoria começaram a formar técnicos de gabarito, voltados para a engenharia de processo. Foi nesse momento que ocorreu o grande salto relativo ao detalhamento dos projetos industriais. Assim tornou-se possível, num primeiro momento de evolução, passar a se receber apenas o projeto básico que era detalhado e especificado dentro do país. Dentro do projeto básico, porém, vinham definidas as diretrizes de projeto quanto à tecnologia de produção (Processo), unidades de produção e estocagem, área a ser ocupada e desenho de implantação do empreendimento. Cabia então ao Brasil detalhar aquilo que era imposto pelo projeto básico, que na maioria das vezes era um projeto feito na Europa ou nos Estados Unidos, e destinado a um país da África ou Ásia, inadequado, portanto, à nossa realidade.

Em 1975, instalou-se a empresa alemã de pré-fabricados Munte, que imprimiu às peças para as edificações industriais, já aceitas pelo mercado, as qualidades da produção alemã. Apesar de ser uma multinacional, não optou por utilizar peças como as desenvolvidas na Alemanha, de normatização mais restritiva. Apesar disso, a qualidade era assegurada e seguiam-se os padrões do CEB (Comitê Euro-International Du Béton) levados em consideração nas normas brasileiras.

Os primeiros projetos básicos começaram a ser desenvolvidos no Brasil na década de 80, por empresas de consultoria. Segundo MAFFEI (1982, p.2), isso ocorreu pelo fato do país já contar com 10 anos de formação de quadros técnicos e pelo desenvolvimento de equipamentos nacionais. A partir da segunda metade da década de 80, com a abertura da política brasileira empreendida pelo governo militar, passou-se a redefinir a participação do Estado na economia, considerada excessiva. Esta nova ordem Neoliberal promoveu a criação de conglomerados empresariais e os interesses do setor financeiro passaram a prevalecer sobre os demais setores da econômica, no caso, à agricultura e indústria. (Santos, 2006, p.33)

Figura 71 - Hangar da Varig, Aatual VEM, Aeroporto Antonio Carlos Jobim, Rio de Janeiro, BRA, 1980 . Fotos atuais. Fonte: http://www.daniduarte.com/wp-content/uploads/2008/09/hangar_gig.jpg

Em 1980, a construção pré-fabricada em aço já se apresentava bastante desenvolvida. Marco deste tipo de estrutura é o Hangar da Varig, executado no Rio de Janeiro, dentro da área do Aeroporto Internacional do Galeão, hoje, Antonio Carlos Jobim. A edificação possui dimensões externas de 43,5 metros de altura, 160 metros de comprimento e 115 de largura. As dimensões impressionantes do hangar possibilitam acolher simultaneamente até três aviões Douglas DC-10, (já aposentados da frota) e dois Boeing 737.

Nos anos 80, a Indústria Brasileira foi protegida pelo modelo de substituição de importações. Os anos 90, por sua vez, marcaram profundas alterações na indústria nacional em função de mudanças na economia do país, como a chegada da nova moeda, o Real. Ao mesmo tempo, a globalização e a liberalização do mercado brasileiro fizeram com que as indústrias buscassem a modernização para não perder áreas de trabalho. Não há escolha para a indústria a não ser alcançar uma classe mundial. A competição em mercados globais colocou a indústria brasileira dentro do conceito de produção modular, sendo assim, participa, de forma crescente, em cadeias de produção integradas. Começaram então a serem preparadas para a globalização e novos modos de organização da produção.

“Na segunda metade da década de 90, depois das privatizações e da reestruturação imposta pela competitividade internacional, verificou-se a retomada industrial, mas em outros moldes. Multiplicam-se as pequenas indústrias, organizadas por ex-funcionários das grandes empresas. Eram as prestadoras de serviços ou empresas terceirizadas que realizam tarefas intermediárias que antes faziam parte da estrutura funcional das grandes plantas fabris. As empresas que resistiram tiveram que se adaptar, atualizando as máquinas, reduzindo o número de funcionários com a automação e a informatização, redundando na ociosidade de espaços anteriormente produtivos. Muitas terceirizaram a própria produção ou alugaram parte de suas instalações para outras empresas, transformando-se numa espécie de condomínio fabril. Por outro lado, algumas fábricas foram fechadas para dar lugar a investimentos imobiliários, comerciais e habitacionais, considerados mais lucrativos.” (SANTOS, 2006, p.34)

O Brasil, nos próximos anos, terá que não só desenvolver suas indústrias dentro de uma classe global, como serão necessárias reformas de infra-estrutura e no sistema tributário deficiente. O sucesso da atividade industrial está no seu desenvolvimento pautado pela produtividade e eficiência. O arquiteto, por sua vez, deverá conhecer os novos métodos de organização do trabalho e ferramentas de projeto adequadas. No entanto, para que isso ocorra deverá haver incentivos para inovação tecnológica e o desenvolvimento de uma cultura de responsabilidade sócio-ambiental.

LINHA DO TEMPO

LINHA DO TEMPO

3. TIPOLOGIA DOS EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS

3.1. TIPO INDUSTRIAL

Uma antiga visão da atividade fabril apresenta as fábricas como o local onde se realiza uma produção, baseada em uma atividade preparatória conceitual de caráter organizativo, dirigida para o planejamento do produto e em seguida para a sua industrialização, fabricação e mercantilização. Assim sendo, do ponto de vista tipológico, o empreendimento industrial não corresponde apenas à planta de produção industrial, mas também, inclui as plantas de geração de energia, calor, armazéns de matéria-prima e de produtos acabados, administração, pesquisa e desenvolvimento (P&D, ou em inglês R&D “Research and Development”), centros de distribuição (CD), estações de reciclagem, edifícios de traslado e edifícios de transporte. No entanto, a evolução tipológica destes edifícios está intimamente relacionada à planta de produção, evolução do maquinário e das técnicas e materiais construtivos, fazendo com que eles pertençam ao grupo de edificações industriais.

Figura 72 - Campus Industrial Flextronics, Sidonio Porto, Sorocaba, São Paulo, 2001. Desenho do Autor.

Figura 73 - CD Casas Bahia, São Bernardo do Campo. Fonte: Revista Construção Metálica, no.86, p.35.

Figura 74 - CD Fulwood, Perspectiva e Planta, Marcos Vieira, Fonte: perspectiva eletrônica. do autor, 2006.

Hoje em dia, vêm se tornando cada vez mais comuns os centros de distribuição, ou seja, edifícios industriais com a função apenas de estoque e não de produção. São destinados à guarda segura e ordenada de produtos acabados. Diferentemente do armazém usual, estes centros não se localizam adjacentes à fábrica e não estocam apenas produtos daquela unidade. O CD está instalado em algum ponto da malha logística, estocando produtos de diversas fábricas do mesmo grupo ou empresas fornecedoras. Visando uma maior economia de escala, a tendência atual das empresas é centralizar suas operações logísticas em um único CD, estrategicamente localizado no país. Existem atividades que se baseiam no conceito “Just in time”, ou seja, as matérias-primas chegam à fábrica no momento de seu uso, reduzindo a necessidade de grandes estoques, o que significa capital imobilizado.

Para multinacionais com fábricas de produtos distintos em vários Estados, o CDI (Centro de Distribuição Integrado) significa a possibilidade de abastecimento dos clientes com mix de produtos a preço mais baixo, já que em casos reais, estima-se a redução de 6% sobre os custos de transporte. O transporte para coletar produtos em diversas cidades possuía custo muito alto e o cliente era atendido com menor rapidez. Além desses fatores, o espaço pode ser sublocado, utilizando-se mais de uma empresa da estrutura.

Tipologicamente são, geralmente, em pavimento único. O layout deve favorecer grandes espaços livres, possibilitando um adequado fluxo de materiais e pessoas, e otimização dos percursos com distâncias menores. É importante avaliar o tipo de transporte dos produtos, tanto na área interna, paletadeiras a gás ou elétricas (as primeiras necessitam de corredores mais largos e pioram a qualidade do ar substancialmente) e área de expedição, utilizando-se esteiras rolantes, ou, se possível, docas com piso a 0,90-1,10m da via dos caminhões, o que significa operação de carga e descarga mais eficiente. Daí vem o formato quadrado ou levemente retangular desses edifícios. As modulações mais comuns para os CD são derivadas de 8,0 metros, sendo muito utilizados 16x16 metros, 16x24, 24x24, e 16x32 metros, provavelmente decorrentes do sistema inglês. Devido aos grandes vãos, essa tipologia industrial vem sendo construída com o predomínio das estruturas metálicas. Para os fechamentos e coberturas são utilizados, no geral, telhas com isolamento térmico. Outra solução viável para os fechamentos laterais são os pré-moldados de concreto. Os corredores, preferencialmente, devem estar mobiliados com estruturas porta-pallets, com níveis adequados ao projeto, de forma a garantir uma densidade máxima de produtos.

Quatremère de Quincy (In ARGAN, 2001, p.66), descreveu o tipo³⁴ como um objeto que não deve ser reproduzido tal qual é, assim como ocorre no modelo, mas sim, uma série de conceitos vagos que permitam com que as pessoas possam conceber obras que nada se assemelharão entre si. Por sua vez, para ARGAN (2001; p.66), o tipo não é formulado antecipadamente, mas, é sempre “deduzido” de uma série de exemplares. O nascimento do tipo é, portanto, condicionado ao fato de já existir uma série de edifícios que tem entre si uma evidente analogia formal e funcional: em outros termos, quando um tipo se fixa na prática ou na teoria arquitetônica ele já existe, numa determinada condição histórica da cultura, como resposta a um conjunto de exigências da sociedade. COMAS (p.127) a respeito do conceito vago a que se refere Quincy, propõe que ele parte de um esquema metal complexo, que é:

³⁴ O tipo classificado sob funções práticas como escolas, bancos, hotéis, tem sua origem no século XIX. Foi nesse momento que ocorreu a criação de novos tipos arquitetônicos como é o caso das estações ferroviárias com grandes vãos, representando alguns dos “maiores e melhores exemplos de construção em ferro e vidro”: os galpões das Exposições Universais e a Arquitetura de Indústrias. Isso tudo surge a partir do final do século XVIII e início do século XIX e pode ser classificado como o ciclo experimental da nova técnica construtiva, cuja contribuição para a arquitetura será fundamental. Vale destacar, no entanto, que o papel da Arquitetura foi muito pequeno durante a primeira Revolução Industrial.

“culturalmente codificado por intermédio de uma prática social, que associa determinadas configurações físicas a um problema usual de projeto do ambiente construído. Pode-se vê-lo como veículo de informações condensadas, onde a definição genérica da natureza das finalidades, disponibilidades e limitações que caracterizam o problema é dada simultaneamente com a definição genérica das características geométricas, técnico-construtivas e figurativas de sua solução arquitetônica.”

Os processos funcionais que são abrangidos pelo edifício industrial são mais extensos do que aqueles abrigados por qualquer outra forma de construção. Convém estudar a tipologia como um instrumento de classificação posterior, assim como observa COMAS (p.127), que ressalta as características comuns de obras arquitetônicas já executadas, funcionando como um instrumento de projeto, uma vez que apresenta princípios normativos comuns em realizações arquitetônicas fisicamente similares, ainda que não sejam idênticas.

“(...) o tipo é suscetível de variantes, considera-se também que os conteúdos ideológicos da forma têm um fundamento constante, mas que eles podem e devem assumir, no presente, uma acentuação ou caráter particular.” (ARGAN, 1997, p. 68)

Outro objetivo em se estudar a tipologia arquitetônica industrial reside justamente no fato de se tratar de referência fundamental para o Arquiteto, que projetará uma indústria comprometida com os valores estilísticos, culturais e econômicos de seu meio.

“Em todo projeto arquitetônico há, portanto, um aspecto tipológico, seja no sentido de que o arquiteto busca conscientemente aproximar-se de um tipo ou afastar-se dele, seja no sentido de que toda obra arquitetônica visa, definitivamente, a colocar-se como um tipo”. (ARGAN, 1997, p.65-70)

Voltando ao objeto de pesquisa, basicamente, a construção industrial envolve a construção de edifícios de produção que diretamente ou indiretamente abrigam a manufatura mecanizada de bens. Comunicação, fornecimento e abrigo são, provavelmente, seus requisitos principais.

“Edificações industriais são complexos construídos, compostos por centros de produção e de pesquisa como seus correspondentes edifícios administrativos e sociais, armazéns, grandes edifícios técnicos como alto-fornos, chaminés, torres de extração, silos e depósitos.” (KOPP, 2003, p.932-998)

Estas definições nos levam a estudar edificações, como até mesmo o pavilhão de conferências de Tadao Ando no complexo Vitra, que se convertem em um edifício industrial, por se tratarem de edifícios destinados à busca pela inovação e pesquisas no ramo industrial. O complexo Vitra conta, além da obra de Ando, de outros edifícios projetados por arquitetos de renome internacional, como é o caso de Zaha Hadid ou Álvaro Siza (figuras abaixo). Poderiam ainda ser citados inúmeros outros edifícios como, por exemplo, a contemporânea Feira de Milão, onde são apresentados ao mercado os produtos industriais; projeto do arquiteto italiano Massimiliano Fuksas. De fato, se voltarmos um século na história, não há quem não diga que a Galeria das Máquinas, construída para ser o Pavilhão de Exposições da Exposição Universal de Paris, de 1889, autoria de Victor Contamin y Ferdinand Dutert, não era um edifício industrial. Apesar da multiplicidade de objetos que podem ser estudados e estão ligados ao tronco principal da Arquitetura Industrial, adiante analisaremos basicamente os edifícios produtivos e edifícios de armazenagem, à medida que estes possam influir na produção.

Figura 75 - Feira de Milão, Massimiliano Fuksas, ITA, 2005. Fonte: <http://www.fuksas.it/#/progetti/0703/> Acesso 02.02.09 às 10:54:30h.

Figura 76 - Vitra International – Fábrica de móveis de metal, Álvaro Siza, Weil-am-Rhein, ALE, 1991-1994. Planta baixa e Detalhe da cobertura de ligação entre os blocos edificados do complexo fabril. Redesenho fonte: TESTA, 1998, p. 172.

A tipologia possui uma relação íntima com a estrutura da cidade. Em muitos casos, como na cidade de São Paulo, não podemos estudar a vasta e alargada expansão da cidade sem observarmos o padrão das implantações industriais, num primeiro momento, durante o século XIX, espalhando-se por meio das ferrovias, fundamentais para o recebimento de matéria-prima, acesso da mão-de-obra e escoamento do produto manufaturado. BROOS (1989, p.89), que projetou o emblemático edifício da Sede da Hering, em Blumenau, Santa Catarina, descreve a construção industrial:

“As obras industriais pertencem ao grupo das construções representativas da nossa época; nelas se encontram materializados os desafios tecnológico, social e humanitário da nossa civilização. São construídas visando durabilidade, solidez e segurança, valores decorrentes do sistema artesanal de execução, praticado na Idade Média, cuja metodologia vale até nossos dias.

Cada época criou, durante o percurso do seu desenvolvimento, construções-tipo, concentrando nelas as características mais expressivas da sua cultura: no Egito, os templos e túmulos; na Grécia, os templos e anfiteatros; no Império Romano, as arenas, aquedutos e pontes; na Idade Média, as catedrais; na atualidade, as construções industriais e os centros administrativos.”

Diversos autores buscaram classificar as edificações industriais. A seguir, apresentarei alguns deles, de importância segundo o aspecto de instrumento de projeto de arquitetura e não de classificação histórica.

O primeiro autor, PHILLIPS, em seu livro sobre Arquitetura Industrial, de 1992, divide as edificações industriais em sete categorias: Edifícios para fabricação e engenharia; Armazéns, Laboratórios, Arquitetura municipal, Indústrias de alimentos, Linguagem transferível e Fábricas naturais. Divisão que tem seu valor na classificação da edificação industrial por meio de uma análise baseada no uso, em função dos volumes construídos. De forma mais aprofundada, o primeiro tipo, edifícios para fabricação e engenharia compreende, de certa forma, edifícios executados sem a base nos princípios que regem a arquitetura industrial em geral, como por exemplo, flexibilidade, standardização, economia e espaços flexíveis, capazes de albergar mudanças produtivas. São os edifícios para, por exemplo, a fabricação de carros, motores, mobiliário, veículos militares, gráficas para impressão de jornais e

periódicos, que apresentam problemas específicos de pesquisa e análise, exigindo uma experiência arquitetônica muito específica, não existindo soluções sistematizadas para o caso. Estes edifícios industriais caracterizam-se pela tecnologia de ponta. O processo de fabricação deve ser conhecido a fundo. Na maior parte dos casos, o invólucro do edifício segue apenas essas características técnicas, limitando o trabalho do arquiteto, que poderá ser útil na escolha dos materiais de construção e projetando os espaços anexos, administrativos, etc.

O segundo tipo engloba os armazéns e edificações industriais que não tem relação intrínseca com a produção. A função do edifício, na maioria dos casos é acessada visualmente pelo público por meio do desenho de fachadas e símbolos que nela estão dispostos. Trata-se do “pato” que Robert Venturi apresenta no livro “Complexidade e Contradição em Arquitetura”³⁵. Esses edifícios aparecem nos condomínios industriais, incubadoras de laboratórios e pequenas empresas, centros de distribuição, em geral, fábricas leves.

Os Laboratórios, por sua vez, são os edifícios industriais que mais se aproximam da frase de Louis Henry Sullivan³⁶ de que “a forma segue a função”. São complexos destinados à experimentação, pesquisa e desenvolvimento. Geralmente são os edifícios de primeiro lugar na inovação técnica contemporânea. No Brasil, pode-se destacar como exemplo o CENPES (Centro de Pesquisas da Petrobrás), em construção, projeto de Siegbert Zanettini ou o edifício anterior de autoria do arquiteto Sérgio Bernardes. A inovação técnica é notável. O edifício busca novas soluções de sustentabilidade, com o uso racional projetado dos recursos como água e clima do Rio de Janeiro.

A Arquitetura Municipal compreende as edificações que são destinadas ao funcionamento das cidades. Possuem uma interessante história, sendo sempre um desafio para a engenharia. Dentre essas edificações estão as fábricas para obras públicas (exemplo o CTRS ou a extinta FAEC, dirigidas pelo arquiteto João Filgueiras Lima), controle de água e luz, estações de tratamento de água e esgotos, estações de gás, depuradoras de gás, plantas de reciclagem de lixo, estações ferroviárias, museus e centros de pesquisa, estações de bombeamento e elevação de águas, plantas de incineração, centrais energéticas, hospitais e centros de pesquisa, dentre outras. A forma do edifício é ambígua. Podem ser muito

³⁵ VENTURI, Robert. “Complexidade e Contradição em Arquitetura”. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

³⁶ Arquiteto norte-americano (1856-1924), conhecido como o “pai do modernismo”, e por muitos como o criador dos arranha-céus. Foi um crítico da Escola de Chicago e mentor de arquitetos como o norte-americano Frank Lloyd Wright. Dentre seus edifícios mais importantes podemos destacar o “Guaranty Building” de Nova Iorque, 1894, um símbolo dos primeiros arranha-céus.

trabalhados, em função de uma necessidade simbólica e uso de técnicas e materiais mais avançados ou podem ser muito simples, apenas cumprindo a necessidade técnica. No caso de São Paulo, por exemplo, insere-se a Usina Elevatória do Rio Pinheiros, Traição, inaugurada em 1940.

Figura 77 - Usina Elevatória de Traição, São Paulo, BRA. Fonte: www.emae.com.br.

As Indústrias de Alimentos compreendem uma das maiores redes e mais poderosas da indústria mundial. Por sua vez, segundo PHILLIPS (1992, p.168), os industriais desse ramo não se preocupam com uma boa arquitetura, apenas com a solução de engenharia, que apura ao máximo a função. Nesse ramo acredita-se que a arquitetura preocupada com conceitos de estética possa supor perdas econômicas, no entanto, essas fábricas possuem enorme potencial arquitetônico, em função dos diversos processos produtivos, que podem ser arranjados de maneira mais ou menos adequada. As matérias-primas e processos utilizados para a produção de alimentos são campo vasto para resoluções no sentido de se aproximar arte-arquitetura. Um interessante exemplo é o dos Supermercados BEST dos arquitetos americanos do escritório SITE, que se tornaram atrativos ao público e conhecidos mundialmente os armazéns insólitos dos supermercados com alterações pontuais e instigantes nas fachadas. Estão dentre estas edificações as indústrias cervejeiras, lácteas, vinícolas, dentre outras.

Figura 78 - BEST "Shopping Center", SITE Projects Inc., Sacramento, Califórnia, EUA, 1977. Fonte: GASSEL, p.405.

No grupo Linguagem Transferível, estão os edifícios de outras tipologias, como por exemplo, habitação, esportes, aeroportos, que tiveram suas características de sistemas construtivos e formais emprestadas e inspiradas nitidamente nas edificações industriais. Podemos citar como exemplo o Centro Georges Pompidou, no Beaubourg, em Paris, dos arquitetos Renzo Piano e Richard Rogers, que foi finalizado em 1977.

Dentre as Fábricas Naturais estão os parques de energia eólica, as hidrelétricas, os locais de extração madeireira, as “bateas” de criação de mariscos, dentre outras atividades que simbolizam o que o arquiteto Frank Lloyd Wright apresentava como o “grau zero” da arquitetura, ou seja, intervenções humanas que modificam minimamente o ambiente natural, de maneira quase sempre econômica, para tirar proveito das características naturais.

Outra classificação usual está descrita no Manual de Desenho de Indústrias de Katharina Hausmann e Frank Jüttner, publicado em 2004, as edificações industriais e suas partes são divididas, tipologicamente, de maneira mais simples³⁷, baseadas em 7 grandes grupos de funções recorrentes: Estoque, Montagem, Produção, Suprimentos, Manutenção, Exibição e Administração. Esta divisão está baseada nas funções principais de cada edificação, quase que uma classificação em função dos nomes dos ambientes principais.

Figura 80 (esquerda) - Centro de Arte Beaubourg, Renzo Piano e Richard Rogers, FRA, 1977. Foto do autor, 2005.

Figura 79 - Aeroporto de Stanstead, Norman Foster, RU. Foto do autor, 2004.

³⁷ No entanto, muito útil para o trabalho projetual.

MAFFEI (1982, p.70), em sua dissertação de mestrado, apresentada a esta Faculdade, propõe a divisão da indústria de acordo com suas características físicas e de produção, como por exemplo, necessidades de uso, espaços e tipologia das edificações em 3 grandes grupos, citados abaixo. A principal diferença nestes três grupos está no setor de produção.

Tipo 01 - Indústrias de Transformação - de produtos minerais não metálicos, químicas, petroquímicas e usinas de combustíveis. São formadas por: Unidades de Processo, estocagem de matéria-prima, estocagem de produto acabado, utilidades, apoio ao pessoal da produção, Administração. Nesse caso “(...) a produção é desenvolvida nas unidades de processo, que são edifícios verticais, com equipamentos, vasos e tubulações controladas por uma casa de controle.”

Tipo 02 - Indústrias de Transformação - Manufatureiras, montadoras e de fabricação de componentes, é formado por Edifício da produção e estocagem de matéria-prima, estocagem do produto acabado e carregamento, utilidades e administração. “(...) a produção se desenvolve em um ou mais edifícios horizontais, tipo galpão, com linha de montagem ou fluxo linear de trabalho, tendo na maioria delas, grande quantidade de operários.”

Tipo 03 – Indústrias Extrativas - Extração, estocagem e carregamento, utilidades, apoio ao pessoal da produção, administração. “(...) a produção é caracterizada pela jazida ou mina, e a edificação é acoplada ao conjunto de equipamentos de extração e carregamento.”

O IBGE e a ONU, por sua vez, distribuem as atividades industriais em 4 grandes classes: indústrias extrativas, indústrias de transformação, indústria da construção civil e serviços industriais de utilidade pública enquanto que a classificação própria, adotada pelo Ministério do Trabalho e constante do anexo ao artigo 577 da Consolidação das Leis do Trabalho, agrupa as indústrias quanto às condições de trabalho.

Estas classificações, no entanto, não levam em consideração mudanças importantes que vem ocorrendo no edifício industrial que foi, no século XX, profundamente alterado em função dos novos processos produtivos. O arquiteto deve estar atento a estas questões que influirão sobre a estrutura do edifício. É freqüente que os campi industriais possuam edifícios voltados apenas a atividades de pesquisa e desenvolvimento. A força mecânica dos métodos de produção dos anos e séculos anteriores começou a se tornar menos importante do que os problemas industriais resolvidos de forma intelectualizada, buscando converter processos complexos em sequências eletrônicas. RICHARZ (In. JÜTTNER, 2004, p.27) cita o texto de Frank Ogden em “Die Zeit”:

“O que se esconde atrás do termo trabalho tem modificado tanto que alguém apenas raramente escutará este termo passar pelos meus lábios. Para muitos, o trabalho já é uma combinação entre aprender, produzir e jogar. Caso as pessoas ainda não tenham se dado conta disso, estarão prestes a receber uma grande surpresa.” (Traduzido pelo autor)

Os novos locais de trabalho para a Indústria, assim como descreve RICHARZ (In. JÜTTNER, 2004, p. 27) podem ser uma casa-barco em um porto, um “cyber”-cubículo, ou outras formas estranhas de ambientes destinados a novos estilos de vida. Na Fábrica de Cosméticos da Natura, em Cajamar, São Paulo, projeto de 1996 do arquiteto Roberto Loeb. A Fábrica, concluída em 2001, em função de preocupações do cliente deveria promover o respeito à natureza e foco humano, assim como descreve o próprio autor do projeto. Para proporcionar tal efeito, a fábrica foi dividida em 12 edifícios menores, interligados por passarelas e varandas ao longo dos edifícios, com fachadas abertas ao entorno natural e que representassem cada uma das diferentes funções, dentre elas: pavilhão industrial, pesquisa, desenvolvimento, treinamento, bloco de apoio, dentre outros.

Figura 81 - Eden Project, Nicholas Grimshaw, Cornwall, RU, 2001. Contratado pelo British Millenium Committee, o edifício funciona como um biotério onde podem ser observadas a fauna e flora de regiões quentes como as florestas tropicais e Mediterrânea, apesar de estar localizado dentro do Reino Unido. A estrutura imita as estruturas de colméias, encontradas na natureza, solução adotada pela inexistência de apoios intermediários dos grandes domos. Faz uma referência explícita aos domos geodésicos de Buckminster Fuller. A quebra da estrutura em pequenas peças que funcionam de maneira conjunta reduz o peso total do edifício. Fonte: <http://www.cornwalls.co.uk/photos/data/media/3/eden-pan.jpg> Acesso 02.02.09 às 17:14:43h.

BROOS (1989, p.92) identifica 4 fases da construção industrial:

“Inicialmente resolveu, pelo planejamento de suas construções, os problemas funcionais e de criação dos espaços para a produção. Prosseguiu, gradativamente, com a inclusão do problema social e posteriormente dos assuntos humanitários, chegando à concepção das fábricas com a inclusão do aspecto cultural em sentido de um planejamento integral. As fases conceituais pelas quais passou podem ser assim definidas: 1. Fase funcional; 2. Fase funcional + social; 3. Fase funcional + social + humana; 4. Fase funcional + social + humana + cultural.

Cada uma dessas fases representa uma época na história da construção industrial e correspondente à seqüência com que o ângulo de visão se abriu em relação aos problemas da época, à massa do operariado e às condições para sua formação. Hoje, as indústrias mais progressistas do Brasil encontram-se na terceira fase. A evolução na área social e humana se deu gradativamente, sempre limitada a efeitos contábeis.”

As preocupações com sustentabilidade também passaram a ser uma pauta discutida mundialmente, pelos Estados e pelas grandes Corporações. Estas preocupações passaram a ser cada vez mais correntes na primeira década do século XXI. O edifício do Centro de Pesquisas da Petrobrás, atualmente em construção, de autoria do Escritório do Arquiteto Siegbert Zanettini é um exemplo de arquitetura sustentável e de atividade interdisciplinar. Segundo dados do escritório, trabalharam 250 pessoas de diversas áreas neste projeto. O projeto tem seu partido definido não só pelos anseios arquitetônicos correntes como também por inúmeras simulações computadorizadas a respeito de fatores, como aproveitamento do clima e uso racional e reutilização de insumos. Esse projeto segue uma tendência de grandes escritórios de Arquitetura do exterior, como é o caso do escritório do Arquiteto inglês Norman Foster. Tais profissionais buscam obter certificações internacionais que são importantes pontos da imagem corporativa das empresas. Dentre os selos mais conhecidos estão o “Haute Qualité Environnementale” **HQE** (Alta Qualidade Ambiental), francês; e o norte americano “Leadership in Energy and Environmental Design” **Leed**, (Liderança em Energia e Desenho Ambiental).

3.2. PAPEL DO ARQUITETO, ATIVIDADES DE PROJETO

“De todas as pessoas chamadas para organizar o desenvolvimento de um estado industrial, ninguém é mais importante que o arquiteto. Treinado como tal em pensamento e planejamento tridimensional, é a pessoa certa para coordenar os esforços de todos os consultores especialistas envolvidos.” (MUNCE, 1960, p.83)

Apresento o artigo apresentado por Jean Fayeton para o Primeiro Seminário Internacional de Arquitetura Industrial, realizado em 1960, em Varsóvia, promovido pela União Internacional dos Arquitetos (UIA).

“No início do século (XX) a obra industrial não era entendida por poder destacar-se, pelos artistas, como objeto da criação plástica coletiva.

Na criação artesanal, as obras não eram somente objetos funcionais, mas eram dotadas de valores humanos.

Demonstravam a longa familiaridade do artesão com a matéria e sua preocupação de fabricar objetos únicos e belos, em harmonia com o modo de viver.

Pode-se afirmar também que a sociedade tradicional possuía um estilo, expressão de sua cultura.

Em todas as obras de arquitetura ou de artesanato, a técnica e a vontade plástica eram muito bem integradas e não era possível, então, encontrar a linha de divisão entre esses dois conceitos.

O útil e o belo se fundiam de forma harmoniosa.

Com o advento da era industrial, busca-se claramente colocar em evidência a separação da técnica e da plástica.

O engenheiro prevalece sobre o artista e assume a construção de obras industriais – sejam elas o edifício ou maquinário – guiado somente pelo que ele acredita ser a única necessidade: funcionamento mecânico associado à lei de economia. Disto nasce um caos horrendo e desumano. Nossas paisagens foram deturpadas, os subúrbios industriais tornaram-se áreas desoladas.

Os trabalhadores não eram objeto de qualquer atenção, seja no local de trabalho, ou na concessão de moradia.

Os engenheiros da primeira geração da era industrial eram absorvidos demasiadamente pelo aspecto funcional e técnico de suas obras e não se ocupavam do que consideravam manifestações fúteis como é o caso dos problemas de forma, cor, proporção, harmonia e conforto.

Quando os industriais chamavam os arquitetos a colaborar com a construção de suas fábricas, limitavam a intervenção destes profissionais à sistematização dos ornamentos sobrepostos ao edifício, do qual não haviam participado do projeto.

Desenhar um complexo industrial o a sistematização de um complexo de máquinas era uma operação que os

Figura 82 - Fonte: FAYETON, In. FORTI, 1964, p.138.

"O projeto arquitetônico é obtido através da combinação harmoniosa de três elementos: função (resultante dos requisitos de produção), estrutura (relacionada aos requisitos materiais e da economia da construção) e forma. Na idéia do autor a última noção inclui – além da composição tridimensional – também a preocupação do arquiteto em relação ao homem e suas necessidades materiais e morais. A prevalência de um destes três elementos sobre um dos outros será danosa, porque rompe a harmonia do todo. O percurso de pensamento do arquiteto, enquanto concebe um projeto, deve passar da função à forma por meio da estrutura."

técnicos consideraram por muito tempo como sua tarefa exclusiva.

Não pensaram que podiam, com vantagens, apelar aos especialistas das composições, habituados a criar e a unir as formas sem perder de vista o objetivo funcional, para a redação dos projetos da mesma maneira como se consultam os especialistas para a preparação do que hoje chama-se <<engineering>>.

Tardou cerca de meio século até que fosse admitido por todos, assim como proclamavam os pioneiros da arquitetura moderna Behrens, Gropius, Perret, Le Corbusier, etc., que nada do que pertence ao domínio da organização do espaço é estranho à Arquitetura.

No entanto, os proprietários de indústrias, que reconhecem, hoje em dia, que o arquiteto pode intervir no projeto de fábricas, não sabem quais são os limites desta intervenção no tempo e na extensão dessa missão.

É necessário partir desta definição da Arquitetura: << A arte da composição ao serviço de todas as obras humanas >>; para isso afirmamos que, no grupo dos técnicos que colaboram com o estudo de uma fábrica, o arquiteto, que é melhor qualificado para a composição, deve intervir desde a origem.

O plano geral da fábrica, a disposição de cada laboratório, a construção de cada edifício, são obras de composição para as quais os engenheiros não são particularmente dotados.

A Composição – esta disciplina da imaginação – não é para o engenheiro um atributo ocasional.

Seria insensato descartar que tem como profissão projetar. Caso o arquiteto não seja um técnico, sua contribuição será débil. O arquiteto ademais do funcionalismo da disciplina que não esquece, pois aí se encontra a base de sua pesquisa, caminha em direção a um

³⁸ PAGANO observa (In. MAZZOCHI, 1957, p.413): "O problema prático da arquitetura, encarada como arte, nos leva também, neste caso, não a superar dificuldades econômicas nem a persuadir um industrial sobre a necessidade de estudar racionalmente a estrutura da sua produção, mas a batemo-nos freqüentemente contra idéias preconcebidas, contra resíduos de anacronismos culturais, contra a pouca compreensão do problema encarado em toda sua unidade: social, moral, artística e não somente econômica. Quando essas barreiras se tornam insuperáveis, o industrial, que poderia fazer-se um mecenas e pioneiro das artes no seu próprio interesse e no interesse superior do próprio país, abdica seus deveres e se mostra somente um pequeno homem laborioso, ignorante, ávido de dinheiro e surdo aos problemas do espírito"

*componente de harmonia que não se coloca em nenhuma equação. Quando o engenheiro utiliza-se de seu recurso de cálculo, o artista, com o seu instinto, acrescenta o mais pelo qual a construção se torna arquitetura. O homem se identifica no espaço arquitetônico: percebe uma mensagem endereçada à sua sensibilidade*³⁸.

No entanto, o arquiteto não é somente um artista plástico. Como projetista coloca ao posto orgânico todas as partes da obra. Ele <<compõe>> e não <<sobrepõe>>. Na fábrica radiosa, a qual revela Le Corbusier nos seus primeiros documentos escritos, os trabalhadores podem encontrar o sentimento de sua liberdade frente à força material.

A fábrica dos dias de hoje não é mais uma prisão, necessita de esforço para atenuar a pena física e diminuir as conseqüências mentais maléficas a seus operários.

Não é em vão que os psicólogos denunciaram a atenção danosa do trabalho industrial sobre os operários quando são obrigados a passar suas jornadas em um local onde o barulho, a sujeira, a pouca luz, a atmosfera contaminada, tornam a vida insuportável.

Compete aos arquitetos impor aos técnicos que o bem-estar dos trabalhadores da fábrica seja considerado como uma finalidade imperativa.”

Para o arquiteto, a arquitetura industrial é uma área de atuação com parâmetros específicos, que requer do arquiteto um estudo e aprofundamento da tecnologia industrial e das outras áreas do conhecimento que atuam na implantação de um empreendimento industrial, assim, como descreve MAFFEI. (1982, pp.3) “É preciso estudar o programa e as exigências da unidade produtiva com precisão e metodologia, para que nenhuma necessidade seja esquecida”, afirma Erica Yoshioka, professora do Departamento de Tecnologia das Edificações da FAU-USP. (in AU 151 - Outubro/2006) O projeto industrial, no entanto, por princípio é interdisciplinar. O arquiteto trabalha em conjunto com todas as áreas, e deve estar à frente da equipe coordenando tecnicamente e dando as diretrizes gerais de ocupação do espaço, fluxos, circulações e características das edificações em geral.

Assim como já descreveu Giuseppe Pagano (In MAZZOCHI, 1957, p.337), em 1939, um dos graves problemas da Arquitetura Industrial é considerá-la como uma subespécie da arquitetura, uma coisa para ser construída rapidamente, sem nenhuma pretensão. E se atentarmos, de fato, a arquitetura que ainda hoje ilustra a maior parte das publicações especializadas está baseada em soluções formalistas, de moda. Fica a questão de porque as edificações mais representativas de nossos tempos acabam relegadas a poucos textos específicos. RICHARZ (In JÜTTNER, 2004, p.27), falando sobre o futuro, comenta o fato de que os novos edifícios

para a arquitetura industrial não parecerão ser tratados de forma superficial, mas, terão sua aparência relacionada ao seu conteúdo, por exemplo, em relação a características que demonstrem o baixo uso de recursos ou um grande grau de flexibilidade estrutural.

“A Arquitetura Industrial e a Estética Fabril sempre tiveram um papel: comemorar a mudança, estimular a inovação e ser permanentemente novas.” (PHILLIPS, 1993, p.23)

O projeto, por sua vez, é completamente dependente do processo de fabricação desde a matéria-prima, o sistema e método de produção do produto acabado. Caracteriza-se pela grande quantidade de parâmetros, dados e informações inerentes à matéria-prima, sistemas e métodos de produção ao produto, mão-de-obra e a região onde deve ser implantado, que influem diretamente na definição do partido arquitetônico e no detalhamento. Assim sendo, cada etapa do projeto tem que ser cuidadosamente analisada com contínua troca de informações entre as diversas áreas envolvidas no projeto. “Geralmente começamos o trabalho conversando com o engenheiro de produção, que entende de fluxos e processos, mas não de espaço.” (DALL’AGNESE, In MEDEIROS, 2003, p.42). As áreas envolvidas, a parte da arquitetura, geralmente são: engenharia de processo, engenharia de segurança, engenharia de equipamentos, engenharia de eletricidade, engenharia de instrumentação, engenharia de sistemas e métodos de produção, engenharia de estruturas e engenharia hidráulica, e muitas outras disciplinas. Vale destacar: o arquiteto é o primeiro controlador do projeto completo.

Em geral, começa-se o projeto pelo estudo dos fluxos produtivos, acessos de trabalhadores, matérias-primas, escoamento da produção, que são resolvidos em planta, por meio de, num primeiro momento da execução de diagramas. Como parte dos primeiros estudos, está a eleição de um módulo estrutural básico que organizará todos estes caminhamentos. Certamente, cada arquiteto terá seu modo pessoal e único de trabalho, seguindo suas intuições e desejos estilísticos, no entanto, cabe ao profissional realizar pesquisas anteriores à etapa de desenvolvimento do projeto para definição da funcionalidade dos espaços. Mais a frente, serão apresentadas as formas usuais de arranjo espacial das produções. Dentre os principais fluxos em um edifício fabril convém citar: matérias-primas, produtos em fabricação, produtos acabados, operários, utilidades e pessoal administrativo.

“Cada fluxo tem sua própria lógica, seu espaço necessário preferencial e seu custo de movimentação. Assim, por exemplo, as matérias-primas líquidas a granel são estocadas em tanques externos e transportadas por tubulações, geralmente aéreas, em pipe-racks. As matérias-primas sólidas em pequenas quantidades são descarregadas em docas e transportadas por empilhadeiras em pallets. As matérias-primas geram espaços específicos dentro de uma fábrica: recebimento e controle, pátio de caminhões, pátio de tanques, docas, pipe-racks, elevadores, silos, esteiras rolantes, etc. A movimentação dos produtos em fabricação dentro de uma indústria tem recebido uma atenção constante, visando sua racionalização e otimização. Assim, por exemplo, a verticalização de determinados processos de fabricação, de forma a aproveitar as vantagens da força da gravidade, a robotização das transferências, a proximidade física das linhas de fabricação são preocupações constantes da engenharia de produção. Frequentemente, os edifícios devem responder a exigências, abrindo vazios e passagens para que as transferências ocorram eficientemente. Os produtos acabados devem ser estocados e expedidos de acordo com a sua própria natureza, gerando armazéns paletizados, silos e docas especiais. O fluxo das utilidades, como água, energia, vapor, ar comprimido, gases etc., é gerado e transportado aos locais de utilização, de forma a haver a menor perda possível. Normalmente, as utilidades são transportadas em tubulações apoiadas em suportes elevados, para não haver conflito de circulações. Finalmente, o fluxo das pessoas que trabalham numa usina deve ser organizado de modo a unir vestiários, local de trabalho, sanitários, refeitórios, acesso a conduções e de forma simples, curta, abrigada das intempéries e livre de acidentes.” (BRUNA, 1989, p.63)

O caminho de projeto usual de estudo do processo, da organização produtiva, o estudo do conceito a ser utilizado e por último o estudo da estrutura (edificação em si) será realizado na maior parte dos casos industriais uma vez que não existe uma única solução e sim grandes diferenças no sentido de arranjo físico e forma da edificação. No caso da indústria leve, de galpões para incubadoras de empresas o processo pode ser realizado sobre dimensões correntes das edificações industriais, quando o intuito for a criação de espaços flexíveis, que possam abranger distintas organizações da produção. Os equipamentos para as atividades industriais serão dispostos da melhor forma possível, tentando aproveitar ao máximo os espaços do edifício já construído, tornando-se uma solução indesejável desde o princípio.

A seguir, ou concomitantemente, o arquiteto deverá verificar o atendimento de muitas adequações legais. A legislação a ser respeitada dentro das indústrias, principalmente de alimentos, é cada vez mais restritiva e não existem parâmetros claros e resumidos em relação ao projeto arquitetônico. Sobre estas construções incidem o Código de Edificações e, em Municípios que não possuam o código, o Código Estadual de Engenharia Sanitária. Devem passar por requisitos, no caso de São Paulo, da Secretaria do Meio Ambiente – Companhia de Saneamento Ambiental CETESB, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Agência Nacional de Vigilância Sanitária ANVISA, Normas Regulamentadoras da Consolidação das Leis do Trabalho (decretadas pelo Congresso Nacional), Corpos de Bombeiros e mais alguma que possa incidir sobre o tipo de produção. São, no total, mais de 30 leis e 20 portarias que incidem sobre a atividade industrial em geral. Regulam principalmente sobre a segurança do trabalho, condições de conforto e higiene e meio-ambiente.

O projeto poderá ser contratado para execução em terreno específico, de propriedade do empreendedor ou ser contratado para localizar um terreno adequado para a implantação da fábrica. Neste caso deverá, junto aos empreendedores, colocar na balança muitos fatores pelos quais se definirá a seleção de uma localidade – a proximidade dos mercados e fontes de matéria prima, e a possibilidade de tal área ser utilizada com cunho industrial segundo a legislação e zoneamento existente, reforçando-se a importância da questão legal, e a existência de força de trabalho capacitada no local. Vastos tipos de materiais de construção devem ser facilmente obtidos no entorno.

A natureza do terreno e condição do subsolo são de primeira importância. É indispensável que se chame um especialista em mecânica dos solos para desenvolver um completo estudo das camadas do solo, produzindo estudos sobre a capacidade de sustentação do mesmo, a profundidade do lençol freático, a composição das várias camadas, e a possibilidade de uso do local para a edificação pretendida e infiltração de resíduos industriais.

Passa-se então para a investigação se a infra-estrutura local suporta sistema tão complexo. Suprimento de água e tratamento do esgoto, doméstico e industrial, com especial previsão de lixo tóxico produzido, podem ser essenciais. Nas indústrias de alimentos, que podem gerar resíduos de até 2/3 da quantidade de matéria-prima, é

muito importante verificar os destinos destes dejetos. Na maior parte dos casos não se pode deixá-los ao ar livre, pois podem trazer consequências desagradáveis como o caso de presença de insetos e roedores. Deve-se, portanto, construir depósitos de lixo para armazenar os resíduos sólidos a serem coletados por empresas especializadas. Diversos tipos de efluentes podem ser gerados por: limpeza de equipamentos, processo produtivo, limpeza da fábrica, esgoto comum, dentre outros. Neste caso é importante levar em consideração a legislação local. Para se estabelecer a necessidade de um pré-tratamento antes dos efluentes serem despejados, deve ser levado em conta a quantidade e qualidade dos mesmos. A qualidade abrange fatores como composição, temperatura, propriedades físicas e químicas, concentração de sólidos, dentre outros. Com base nesses fatores será definido o seu destino, esgoto público, sumidouros ou rios. No caso do Estado de São Paulo, existem limites estabelecidos por lei para os efluentes industriais. Estes limites estão definidos segundo o Decreto no. 47.397, de 4 de dezembro de 2002. As tabelas mais importantes, a serem consultadas, neste caso são:

1. Condições dos efluentes em função dos locais de lançamento.
2. Parâmetros ou valores da qualidade dos corpos de água que não podem ser alterados pelo lançamento de efluentes.

Linhas de gás e encanamentos de ar comprimido podem ser necessárias. Eletricidade, tanto para energia como iluminação, é uma condição vital. Os sistemas informatizados de dados e Tecnologia da Informação, que trouxeram grande quantidade de inovações para a maior parte dos ramos industriais, devem ser contemplados e dependerão, por exemplo, dos serviços de telefonia e lógica. O arquiteto deverá estar atento à contínua e rápida evolução destes sistemas que tem como funções principais o controle da produção, montagem, estoque e logística, apesar destes projetos complementares serem necessariamente executados por especialistas. Quando bem concebidos, fazem com que a fábrica não apenas comunique-se corretamente internamente, mas, permite que decisões por meio da rede global, com auxílio de programas de desenho assistido por computador, CAD (“Computer Aided Design”).

Transporte é a chave para o sucesso funcional ou falha do distrito industrial. O transporte relaciona-se diretamente aos acessos e segurança. Talvez seja o primeiro elemento com o qual o arquiteto se defrontará, o planejamento dos acessos. Mas, antes de se estabelecer as questões de circulação internas e do edifício industrial em seus limites mais próximos, deve se estabelecer os princípios do distrito industrial que influenciarão as arquiteturas das fábricas. O projeto de circulação deve evitar ao máximo que tráfego de pessoas e de mercadorias se cruze. Por sua vez, na maioria das vezes convém separar a entrada de mercadorias e a expedição; isso torna-se mais simples na medida que se utiliza o percurso natural de produção para tal fim, no entanto, deve-se ter em vista o possível aumento do número de funcionários e sua necessidade ou não. São necessários cuidados com a circulação da matéria-prima, operários, e produtos finalizados de forma que esta seja o mais simples e ininterrupta possível. Tráfego cruzado deve ser reduzido ao mínimo. Na arquitetura industrial é muito presente a frase: “A forma segue a função.” Exigências funcionais, condicionantes técnicas rigorosas e objetivos determinados são levados ao extremo. É necessário que se evite também o cruzamento de vias industriais com vias públicas. Neste sentido, convém dispor-se de vias locais ao lado das estradas que possuam suas margens ocupadas por indústrias e parques industriais. São necessários estudos dos possíveis métodos de transporte de matéria-prima e produtos acabados de um local para outro – por terra (caminhões e trens), pelo ar, ou pela água.

Uma previsão adequada deve ser feita para os elevadores de bens e pessoal, quando um edifício vertical é planejado. O espaço requerido por caminhões, paletadeiras, tambores e outros materiais esperando ser transportados de piso a piso. Este espaço deve ser mais amplo do que esperado primeiramente, pois, os elementos antes citados tendem a acumular-se. A posição de monta-cargas será ditada pelo layout da planta e do processo de circulação. Devem, no entanto, ser implantados longe das caixas de escadas, pelo fato de que materiais acumulados podem impedir uma rápida evacuação no caso de incêndio ou outro tipo de emergência. As escadas de incêndio, por sua vez, devem obedecer às distâncias máximas previstas na legislação do local e estarem construídas em materiais incombustíveis.

Não só os produtos devem ser transportados. O transporte de trabalhadores de e para o distrito industrial é também de suma importância. Transporte público de diversos tipos é a resposta ideal, mas hoje em dia, em todo o Mundo, um número importante e crescente de trabalhadores vai para a empresa com carros particulares ou de ônibus fretado. Conseqüentemente, são necessárias áreas maiores para estacionamento - às vezes, é necessário se acolher cem por cento do pessoal por turno. Um esforço positivo é encorajar os trabalhadores a ir até o trabalho a pé, uma efetiva diretiva para o arquiteto do distrito é que este esteja o mais adjacente possível dos centros de população.

O canteiro de obras deverá passar por um projeto assim como o edifício industrial. As grandes dimensões dos edifícios e as dificuldades espaciais que podem aparecer durante a construção e uso de grandes máquinas devem ser previstas. Muitas estruturas necessariamente devem ser erguidas até mesmo por dois guindastes simultaneamente. Na Fábrica Ipel, de autoria do arquiteto Sidonio Porto, em Cajamar, São Paulo, parte de sua estrutura metálica foi erguida por dois guindastes com capacidade de 25 toneladas, por exemplo.

Resumidamente, os pontos mais importantes em relação ao local, ao encargo do arquiteto são citados na tabela a seguir:

questões relacionadas à localidade	influência sobre a edificação
1. Área disponível; 2. Conformação do terreno;	
3. Insolação, Regime anual; de chuvas, poluição do ar;	<ul style="list-style-type: none"> • proximidade a indústria ou centros urbanos poluidores • volumes fechados ou não, presença de filtros especiais
4. Acessos rodoviário, aéreo, ferroviário e hidroviário, Porto marítimo; 5. Características planialtimétricas;	<ul style="list-style-type: none"> • proximidade de aeroportos • menor altura da edificação, limitação para reservatórios elevados, limitação de número de pavimentos
6. Suprimento de água (potável e não potável);	<ul style="list-style-type: none"> • Em alguns casos é necessário um grande movimento de terra, que pode exigir, até mesmo, o rebaixamento do nível do leito da estrada marginal ao terreno, respeitando-se a concordância com as curvas de nível do local • registro do posicionamento das canalizações • restrição a possíveis expansões • dificuldades de acessos • necessidade de se projetar a indústria em volumes separados, setorizando áreas produtivas e de funcionamento • liberdade ou não de implantação do edifício, custos para alteração de caminhamentos • pressão na rede, existência ou não de reservatório elevado • independência em relação ao sistema público, previsão de reservatórios para épocas de seca • possibilidades de captação própria • dimensões de abrigos para resíduos, dimensionamento dos mesmos • existência ou não de poços artesianos • instalações para produção de energia • serviço público de coleta de lixo (periodicidade)
7. Destino de resíduos sólidos;	
8. Destino de resíduos líquidos, ou efluentes;	
9. Destino de águas servidas;	<ul style="list-style-type: none"> • serviço contratado para coleta de lixo especial • sumidouros, poços de infiltração, rede de esgoto • possibilidade de uso de detritos como combustível • Tipo de captação
10. Suprimento de energia Elétrica;	<ul style="list-style-type: none"> • legislação específica para lançamento de efluentes industriais • presença de subestação e dimensões da mesma • necessidade de instalação de casa para geradores
11. Suprimento de gás;	
12. Focos de insetos e roedores na vizinhança (aplica-se principalmente na indústria alimentícia);	<ul style="list-style-type: none"> • tensão de fornecimento, existência ou não de cortes frequentes no fornecimento de energia • mecanismos para eliminação de insetos • alimentação aérea ou subterrânea • estratégias como implantação elevada do térreo • tipo de gás
13. Natureza do terreno;	<ul style="list-style-type: none"> • possibilidade ou não de execução de porões, galerias, equipamentos fixos no piso
14. Transporte;	<ul style="list-style-type: none"> • perigo de inundação • dimensionamento dos estacionamentos, garagens especiais, espaço para frota de veículos • nível do lençol freático/variação do lençol freático em épocas de cheias e de seca • edifício para manutenção da frota de veículos • materiais disponíveis • definirá os métodos e sistemas construtivos de possível uso • fornecedores • definirá cronograma de obra e orçamento
15. Fornecimento de materiais para obra;	
16. Organização do canteiro de obras e Planejamento das Etapas de Construção;	<ul style="list-style-type: none"> • possibilidade ou não da utilização de máquinas pesadas, previsão de caminhos, o que influirá diretamente sobre os métodos e sistemas construtivos a serem utilizados.
17. Legislação vigente;	<ul style="list-style-type: none"> • dimensionamento dos espaços, condições de acessibilidade, recuos, gabaritos máximos, dentre outros.
18. Processo de produção;	<ul style="list-style-type: none"> • Código de Obras e Edificações do Município, Planos diretores regionais e locais, Normas das Concessionárias, Corpo de Bombeiros, etc. • arranjo da produção, envelope do edifício industrial • zona industrial regulamentada • materiais construtivos

Quando falamos em grandes complexos industriais, a divisão do empreendimento do distrito em quadriculas é favorável em muitos sentidos, sendo um deles a proteção contra incêndio, podendo-se em cada quadra alternar-se produções mais o menos perigosas. Por outro lado, facilita a numeração e a identificação das edificações, boa organização do tráfego interior e do sistema de canalizações e pontes de tubulações (“pipe-racks”) nas ruas. O estabelecimento em quadras regulares facilita as ampliações industriais.

Mesmo com um programa muito claro, e ajuda de vários especialistas, não é uma tarefa fácil. Planejar com o máximo de flexibilidade, para permitir mudanças rápidas realizadas para acomodar uma planta de tamanho e concepção diferente daquela originalmente observada, e para permitir eventual expansão é essencial. As constantes alterações de maquinário e automatização das fábricas exigem que os edifícios industriais sejam flexíveis ao máximo. Devem prever muitas alterações, pois, quando cessa a possibilidade delas acontecerem, estes, na sua maioria grandes edifícios tornam-se obsoletos e são abandonados pela indústria³⁸.

O conceito de flexibilidade, junto com a necessidade de rapidez de execução dos edifícios, faz com que a maior parte das indústrias sejam resolvidas modularmente, fator essencial inclusive para a pré-fabricação da construção. Os edifícios industriais devem ser, no máximo possível, funcionais, econômicos e flexíveis³⁹. A construção de edifícios industriais pede que se proponha ou se utilize de sistemas construtivos padronizados.

A modulação determinará os vãos dentro dos quais se desenvolverão as tarefas produtivas, mais do que isso, dará dicas a respeito do sistema construtivo a ser utilizado, em geral industrializado. Então, por se tratar de um sistema construtivo industrial, a modulação ainda se torna mais imperativa. As construções industriais normalmente ocorrem em etapas, no entanto, é interessante que os edifícios e principalmente as circulações contemplem, desde o projeto inicial, as possíveis expansões, tendo a nova circulação prevista, construída integralmente no momento inicial, ou, dependendo das inversões realizadas, construída em etapas.

³⁸ Isso ocorreu em diversas cidades pelo mundo inteiro, inclusive com São Paulo. A indústria do bairro da Mooca, dependente do sistema ferroviário para chegada de matéria-prima e escoamento de produtos entrou em decadência com o estímulo ao rodoviarismo e a obsolescência das ferrovias. Alguns edifícios tiveram suas fachadas ecléticas alteradas e abertas para a criação de Docas e entradas de caminhões.

³⁹ Como descreve Herman Hertzberger, em *Lições de Arquitetura* (1999, p.146), esta flexibilidade deverá ser tal que não torne o edifício adaptável a qualquer uso, o que significa não ser ideal para nenhum uso.

Na Fábrica da Unilever, de autoria do professor e arquiteto Paulo Valentino Bruna, em Vinhedo, São Paulo, as expansões ocorrem desde o ano de 1976. Na época, Bruna era diretor do escritório Rino Levi Arquitetos Associados. Como sistemas construtivos, Bruna utilizou-se de estruturas de concreto armado pré-moldado e estruturas metálicas⁴⁰. A independência das estruturas permitiu ampliações e a substituição de materiais de construção, como por exemplo, as telhas corrugadas de fibrocimento por telhas metálicas do tipo sanduiche (com lã de rocha interna), o que melhora as condições térmicas internas dos edifícios.

Figura 83 - Unilever, Rino Levi Arquitetos Associados.

⁴⁰ Nota-se em muitos projetos brasileiros estruturas mistas em concreto armado pré-moldado e aço. Em geral, os pilares são executados em concreto e as treliças das coberturas, que vencem grandes vãos, em estrutura metálica, por serem mais leves, diminuindo os esforços sobre a estrutura.

O último serviço prestado pelo arquiteto é a preparação de desenhos de memória que irão indicar a capacidade e posicionamento da infra-estrutura e permitir a fácil operação e manutenção do empreendimento. Os desenhos básicos necessários serão apresentados a seguir.

Apesar dos parâmetros observados, a metodologia aplicada na elaboração de um projeto de Arquitetura Industrial pode assumir formas diversas, variando em função de necessidades específicas das fábricas. Em muitos casos o arquiteto trabalha de forma linear e o projeto é viabilizado pelos complementares de estruturas e todas instalações, ou, dependendo de vários fatores como complexidade do projeto pode ser realizado desde o princípio pelas diversas equipes simultaneamente. A estruturação clara do projeto, no entanto, é fator fundamental para que se alcancem os objetivos propostos. É fundamental que o arquiteto visite e estude outras fábricas do mesmo gênero antes de começar a projetar a fábrica em questão. Muitas vezes, em função de sigilo industrial isto não é possível, sendo necessário um levantamento bibliográfico. Antes de começar a analisar a forma da edificação é necessário que o arquiteto tenha se aprofundado no conhecimento do processo produtivo adotado e suas linhas de produção presentes e futuras.

Kozlowsky (1953, p.366-7) descreve:

“A arquitetura industrial tem a função primordial de coordenar todos os elementos do maquinismo, transporte, ventilação, iluminação e outros, com a estrutura e parte arquitetônica propriamente dita. Para obter-se bom resultado é necessário, portanto, começar pela distribuição das seções e das máquinas da fábrica, obedecendo-se ao melhor modo de fabricação, seqüência das operações, facilidades de transporte, fazendo o assim chamado layout”.

O arquiteto deverá estar ciente das características formais e de marketing que deverão ser atingidas. O desenho corporativo, projetado de forma interdisciplinar pelos setores de marketing, Recursos humanos, produção e arquitetura, estabelecido há anos na construção administrativa se integra cada vez mais à construção industrial. Refere-se à imagem empresarial, perante a sociedade e funcionários. Abrange, por exemplo, estudos de cores, forma e materiais da arquitetura, filosofia de humanização e sustentabilidade

das instalações. As empresas vêem a necessidade de apresentar-se perante o público mediante a arquitetura de seus locais de produção, posto que não é somente o produto em publicidade que é objeto de crítica, mas também, a sua procedência. O cliente deve estar convencido da sólida qualidade dos produtos, assim como da atitude política das condições de produção e emprego.

“A arquitetura dos locais de trabalho e principalmente das fábricas, está em vias de passar por uma evolução sem precedentes. A procura de uma melhor produtividade, a passagem para a informática e a robotização, e a melhoria das condições de trabalho, trouxeram a reformulação dos conceitos de espaço industrial. As fábricas se humanizaram e passaram a ser também ferramentas de produção, de desempenho até hoje inigualável. Abertas para o exterior, coloridas, providas de equipamentos sofisticados, as construções industriais deixaram de ser os parentes pobres da arquitetura. Uma melhor consideração pelo arquiteto dos valores sociais, psicológicos e simbólicos, adequado ao conjunto dos trabalhadores, iria ao encontro do conceito de enriquecer os locais de trabalho, a fim de criar não simples espaços de produção, mas indústrias para os homens.”
(HOYET, 1982 in BITTAR, 2000, p.57)

A edificação industrial não pode, no entanto, ser apenas estimulada por correntes arquitetônicas passageiras, como foi o caso de muitas das fábricas de alta tecnologia dos anos 70 e 80, ou entrar no campo da arte e deixar de lado quesitos de funcionalidade.

“Edifícios industriais já são mais do que a velha imagem dos galpões da virada do século 20. Mudaram, por exemplo, na aplicação de materiais que garantem isolamento termo-acústico, limpeza e segurança, na transparência de todo o processo produtivo, na relação do público com a linha de montagem. O design dá formas que ultrapassam os limites do tão conhecido galpão para unir programa de uso a resultados estéticos positivos.”
(GERROLLA, AU 151 Out. 2006)

As fábricas, atualmente, apresentam-se abertas ao público. Um exemplo nesse sentido é o edifício central da fábrica da BMW em Leipzig, na Alemanha, de autoria da arquiteta Zaha Hadid. O hall principal, público é o contato da linha produtiva, na parte em que os veículos estão semi-montados e as atividades de inovação, administração e recepção ao público externo. O edifício central é o cérebro de toda atividade do complexo industrial.

Legenda:

Pavimento Inferior:

1. Recepção
2. Treinamento
3. Vendas
4. Sala de reuniões
5. Escritórios
6. Recursos Humanos
7. Copa
8. Varanda
9. Ferramentaria
10. Manutenção
11. Vestiário Feminino
12. Jardim
13. Vestiário Masculino

14. Moagem
15. Subestação
16. Utilidades

Pavimento Superior:

1. Gerência / sala de reuniões
2. Administração
3. Sala de Reuniões
4. Terraço
5. Administração
6. Gerência
7. Área Injetora
8. Ferramentaria
9. Expedição
10. Almoxarifado

Atualmente, o aspecto da sustentabilidade é o “estado da arte” na edificação industrial, isolamento térmico, refrigeração de elementos construtivos e casa de máquinas descentralizadas também devem ser dimensionados cautelosamente. Dentre os selos mais conhecidos de arquitetura sustentável, estão o “Haute Qualité Environnementale” HQE (Alta Qualidade Ambiental), francês; e o norte americano “Leadership in Energy and Environmental Design” LEED, (Liderança em Energia e Desenho Ambiental). Segundo dados do HQE, o setor dos edifícios consome 50% dos recursos naturais e 40% da energia mundial. O selo é, ainda hoje, uma iniciativa voluntária por parte dos construtores a respeito da “qualidade” ambiental de seus edifícios. Aplica-se a todos os tipos de edificações, como por exemplo, imóveis de escritório, parque industrial, hotel, espaços de lazer, etc.

Figura 84 - Fábrica Ipel, Sidonio Porto Arquitetos Associados, Cajamar, São Paulo, 1999. Redesenho do autor.

Como tendência que deverá perdurar daqui para frente, segue uma descrição de alguns pontos que devem ser atingidos a respeito da sustentabilidade. O desenvolvimento sustentável possui três componentes principais: o social, o econômico e o ambiental. Para nortear as atitudes de projeto, estabeleceram-se 14 alvos principais:

A. MELHORAR OS IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE EXTERIOR.

1. Relação harmoniosa dos edifícios com o meio-ambiente imediato.	4. Gestão de Energia.
2. Escolhas integradas dos procedimentos e dos materiais de construção.	5. Gestão da Água.
3. Canteiros geradores de pouco incômodo (entulho, ruído).	6. Gestão de dejetos das atividades.
	7. Gestão da manutenção.

B. CRIAR UM MEIO-AMBIENTE INTERIOR SÃO E CONFORTÁVEL.

Conforto

8. Conforto Higrotérmico.	12. Qualidade sanitária dos espaços.
9. Conforto Acústico.	13. Qualidade sanitária do ar.
10. Conforto Visual.	14. Qualidade sanitária da água.
11. Conforto Olfativo.	
-

Fonte: Guide de la Haute Qualité Environnementale, p. 5 (Adaptado pelo autor).

O Leed, por sua vez, trata-se de um sistema de classificação de edificações por meio de critérios de sustentabilidade, por meio de classificação dos edifícios em diferentes categorias. Foi desenvolvido pelo U.S. Building Council. Pode ser aplicado em edifícios em construção ou em edifícios já construídos.

CATEGORIA	ABRANGÊNCIA
Locais Sustentáveis	Terreno, implantação, entorno, transporte
Eficiência no uso da água	Administração do consumo de água no edifício
Energia e Atmosfera	Administração do consumo de energia no edifício
Materiais e Recursos	Materiais renováveis, fornecimento
Qualidade Ambiental interna	Qualidade do ar interno do edifício e na obra
Inovação e Desenho do Processo	Inovação – Leed Accredited Professional

PRÉ-REQUISITOS POR CATEGORIA

Locais Sustentáveis - Pré-requisito 1 - Prevenção da Poluição gerada pela atividade da Construção	Reduzir poluição das atividades de construção, controlando poeira, erosão do solo e sedimentação de canais de água
Energia e Atmosfera - Pré-requisito 1 - Projeto engajado dos sistema de infraestrutura	Verificar se os sistemas de energia estão instalados, calibrados e com desempenho de acordo com o previsto em projeto
Energia e Atmosfera - Pré-requisito 2 - Mínimo de Eficiência Energética	Estabelecer nível mínimo de eficiência energética para o prédio e seus sistemas. Abrange relação opacidade/transparência das fachadas
Energia e Atmosfera (EA) - Pré-requisito 3 – Controle do Sistema de Refrigeração	Reduzir a destruição da camada de ozônio - não usar CFC nos sistemas de ar condicionado
Materiais e Recursos (MR) - Pré-requisito 1 – Depósito e Coleta de Materiais Recicláveis	Prever espaço para coleta seletiva de lixo
Qualidade Ambiental Interna (EQ) - Pré-requisito 1 – Qualidade Mínima do Ar Interno	Estabelecer qualidade mínima para o ar interno e aprimorá-la, contribuindo para o conforto e bem-estar dos funcionários
Qualidade Ambiental Interna (EQ) - Pré-requisito 2 – Controle Ambiental da Fumaça de	Minimizar a exposição de ocupantes do prédio, superfícies internas e sistema de distribuição de ar à fumaça de cigarro

Fonte: Revista Projeto, n.331.

4. ARRANJO FÍSICO DOS EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS

A primeira etapa do projeto de um edifício industrial, conforme apresentado anteriormente, é o estudo dos diversos fluxos, que, por sua vez, serão diretamente influenciados pela organização produtiva específica da atividade para a qual se projetará o edifício industrial. O arranjo físico dará bases projetuais para a constituição da espacialidade da fábrica.

Utilizarei o termo em português arranjo e o termo inglês “layout” como sinônimos.

4.1. ARRANJO FÍSICO DA PRODUÇÃO

O arranjo físico não só determina o fluxo produtivo, como tem influência direta sobre a forma e aparência dos locais de trabalho e custo de instalações. Os três tipos clássicos de arranjos são: 1. Layout posicional ou arranjo de posição fixa (Layout Combinado); 2. Layout Funcional, Departamental ou de Processo (“Job Shop”); e 3. Layout Linear ou por Produto (“transfer line”).

Figura 85 – Fábrica de motores, 1912.
Fonte: CULTURA E INDÚSTRIA, 1979, p.18.

No arranjo de posição fixa, assim como diz o nome, o material a ser trabalhado permanece parado enquanto que os operários e equipamentos se movimentam ao seu redor. Hoje em dia não é tão comum quanto quando o trabalho artesanal predominava. Na Indústria moderna é utilizado apenas quando há grande dificuldade em se movimentar o produto, maior do que em movimentar maquinário e operários. Exemplos deste arranjo são os estaleiros e hangares aeronáuticos. Todos os operários, máquinas e ferramentas se movimentam ao redor do navio em construção. Outro exemplo, relacionado à Arquitetura é a construção de edifícios.

Figura 86 - Arranjo de Posição Fixa. Fonte: autor, 2008.

O projetista deve atentar apenas ao fato de impedir que os itens em produção e maquinário bloqueiem a expedição de produtos acabados e vice-versa. (Valle, 1975, p.66)

O Arranjo Funcional, por sua vez, é aquele onde as operações do mesmo tipo são agrupadas no mesmo local, como por exemplo, numa área de tornos, prensas ou fornos; e Linear, já descrito e criado por Adam Smith³⁹. Diferente do arranjo anterior, neste, o produto é movimentado entre os postos de trabalho, que são organizados segundo a similaridade da função. É muito comum em marcenarias, fábricas têxteis e ferramentarias. A área de produção é dividida em setores geralmente que tem seu nome associado à sua atividade.

Figura 87 - Esquema funcional da fábrica de registradoras Rena S.A., Rino Levi, 1955. Fonte: Revista Acrópole.

³⁹ Surgiu com a divisão do trabalho visando aumentar a quantidade produzida, pois se acreditava que as tarefas realizadas de modo repetitivo ocasionariam uma economia de tempo.

Figura 88 - Plantas da fábrica de registradoras Rena S.A., Rino Levi, 1955. Redesenho a partir da Revista Acrópole.

PAVIMENTO TÉRREO

A- ACESSO PARA A ADMINISTRAÇÃO

1. Hall Principal
2. Informações
3. Vitrine de Mostruário
4. Escada
5. Rampa Automóveis
6. Rampa Principal
7. Ambulatório

B- ACESSO PARA PRODUÇÃO

8. Entrada
9. Bicicletário
10. Vestiário de Homens
11. Vestiário de Mulheres

C- FUNILARIA

12. Ferramentaria
13. Estamparia
14. Cortadeira
15. Solda Elétrica
16. Furação
17. Viradeiras
18. Solda de Oxigênio
19. Têmpera
20. Monta-carga
21. Estanhação

D- MARCENARIA

22. Máquinas
23. Armários

E- MONTAGEM DE GAVETAS

24. Local de Trabalho
25. Armários

F- EMBALAGEM E EXPEDIÇÃO

26. Monta-carga
27. Armários
28. Estoque
29. Saída de Caminhão

G- RECEBIMENTO DE MATÉRIA-PRIMA

30. Recepção e Controle
31. Almojarifado

PRIMEIRO PAVIMENTO

A. ADMINSTRAÇÃO

1. Sala de Espera
2. Escritório
3. Arquivo
4. Diretor Adjunto
5. Diretor SuperIntendente
6. Diretor Técnico
7. Sala de Reuniões
8. Engenheiro Chefe
9. Laboratório
10. Apartamento
11. Depósito
12. Café
13. Sala de Espera Diretores
14. Sanitários Escritórios
15. Sanitários Diretores

B- MECÂNICA

16. Sanitários Mulheres
17. Sanitários Homens
18. Sala
19. Monta-carga

C- SOMADORES

20. Montagem
21. Armários

D- REVISÃO

22. Armários
23. Monta-carga
24. Mesas e Máquinas
25. Armários

SEGUNDO PAVIMENTO

A- MONTAGEM

1. Rebitagem
2. Armários
3. Furação
4. Sanitário Mulheres
5. Sanitário Homens
6. Montagem Geral
7. Prateleiras
8. Tipo Century
9. Prateleiras
10. Monta-carga
11. Coupon

B- PINTURA

12. Prateleiras
13. Monta-carga
14. Compressores
15. Estufa
16. Cabines
17. Terraço
18. Tanques

TERRAÇO

1. Refeitório
2. Mesa quente
3. Lavabos
4. Caixa d'água
5. Terraço coberto
6. Terraço Jardim

Organização Funcional. Os pavimentos estão divididos em oficinas com funções específicas.

O terceiro tipo, o arranjo linear, é o sistema de Produção em massa desenvolvido por Frederick Taylor e Henry Ford no início do século XX, mais precisamente em 1912, tendo sido completamente instalado em 1914, que predominou no mundo até a década de 90. A idéia básica por trás desse tipo de organização era buscar reduzir os custos unitários dos produtos por meio da produção em larga escala, especialização e divisão do trabalho. O sistema de produção era linear, onde o produto se movimentava através de esteiras. Cada trabalhador estava apto a desenvolver uma única etapa da linha produtiva, reduzindo-se o tempo de aprendizado para desempenho de apenas uma tarefa. Este sistema tinha que operar com estoques e lotes de produção elevados, encarecendo os custos de produção por capital imobilizado e aumentando significativamente a área necessária para a implantação de edifícios industriais e, conseqüentemente, a dimensão dos mesmos⁴⁰. A baixa flexibilidade e dificuldade de mudanças nos produtos é característica negativa do Layout Linear.

Figura 89 – Linha de produção do Ford modelo T. Fonte: http://www.motortrend.com/features/auto_news/2008/112_0807_ford_model_t_100_year_celebration/photo_02.html Acesso 02.02.08 às 12:10:34h.

⁴⁰ A idéia de que os edifícios industriais eram complexos imensos perdurou por muito tempo, ainda estando hoje no nosso imaginário. Pevsner no seu texto "History of the Building Types", no capítulo dedicado às fábricas imbuído da noção de grandes edifícios, resgata amplos "edifícios industriais" do século XVIII e XVII, por exemplo, para demonstrar que a atividade industrial já exigia grandes espaços antes mesmo da Idade Moderna.

4.2. NOVOS TIPOS DE ARRANJOS

A partir da década de 50, com o início da Era da Informação e em sua consequência o momento conhecido como Segunda Revolução Industrial, novos tipos de organização do trabalho vêm sendo introduzidos à indústria o que resulta em novas tipologias dos edifícios industriais, pelas profundas alterações causadas no espaço produtivo.

“A era da informação, que teve seu início nos anos 50 e se instalou definitivamente nas duas últimas décadas do século XX, gerou um novo paradigma tecnológico. Este paradigma tecnológico se organiza em torno da tecnologia da informação que, segundo Castells, é a convergência das tecnologias da micro eletrônica, da computação, da telecomunicação, da opto eletrônica e da engenharia genética e seus desdobramentos.”
(Castells, In Ventura, 2002)

Camarotto (1998, p.125) descreve como as novas tendências da fabricação de produtos:

1. Aumento da automação do processo de produção;
2. Uso de mão-de-obra multifuncional;
3. Agrupamento de máquinas por similaridades geométricas e de função dos componentes;
4. Trabalho em grupo (tanto de máquinas como de pessoas);
5. Mudança para Layout Celular (ou grupo de máquinas);
6. Diminuição dos espaços entre os postos de trabalho pela diminuição dos estoques intermediários e integração da produção.

Dentre as modificações sofridas pela indústria, uma das principais, é a capacidade em produzir bens otimizados para o cliente específico. Em muitos casos já não se adapta a produção assim como proposta por Henry Ford, “(...) muitos aperfeiçoamentos foram introduzidos com o objetivo de melhorar a produtividade e a eficiência da produção em série criada por Ford, como por exemplo: “Just in Time”, Gestão de um Momento, Qualidade Total, Análise de Valores e Re-engenharia.” (ROSA, 2006, p.28). Os métodos novos de produção foram estabelecidos por empresas ao redor do mundo,

sendo chamados de Produção Enxuta ou “Lean Factory” Processos como o “Kanban” e “Poka-Yoke”, por exemplo, são creditados à fábrica de carros da Toyota Motor Company, sendo “Kanban” uma palavra japonesa que significa etiqueta. Em um “kanban” estão as informações como a referência da peça fabricada e indicações do posto de trabalho. Serve para controlar o fluxo de materiais e aumentar a produtividade.” (MEDEIROS, Técnica no.79, p.41). Estes conceitos evitam que as indústrias percam a competitividade no mercado, pela baixa capacidade de atender a novas demandas de mercado, em função da baixa flexibilidade à variações nos produtos (CAMAROTTO, 1998, p. 125).

O Sistema Toyota trabalha com pequenos lotes de produção o que permite maior variedade nos produtos. Um exemplo: em vez de produzir um lote de 50 sedans brancos, produz-se 10 lotes com 5 veículos cada, com cores e modelos variados. Os trabalhadores desenvolvem mais do que uma única tarefa e operam mais que uma única máquina.

Os novos arranjos, provenientes desta evolução dos métodos produtivos são, brevemente: 1. Layout em “Gaiola de Pássaros”; 2. Layout em “Ilhas Separadas”; 3. Layout em Linha; 4. Layout em Grupo; 5. Layout Celular ou Célula de Manufatura; 6. Layout Posicional Flexível; 7. Layout Modular, Projeto Modular ou Mini-fábrica.

No layout em “Gaiola de Pássaros” “(...) um operador opera várias máquinas iguais, com tempo alocado de trabalho em cada máquina a partir de um diagrama homem-máquina. Neste sistema há um acúmulo de materiais estocados em cada máquina, muito tempo para transporte e sistemas pesados de movimentação (grandes quantidades por viagem)(...)” (CAMAROTTO, 1998, p.127).

No layout em “Ilhas Separadas” “(...)cada operador é responsável por um conjunto de máquinas diferentes que operam sequencialmente partes de um mesmo produto ou produtos semelhantes, porém mantendo um trabalho individualizado com a prescrição de seu tempo de trabalho em cada máquina a partir da distribuição estabelecida pelo diagrama homem-máquina.(...)” (CAMAROTTO, 1998, p.127). Em relação a influência sobre a espacialidade do edifício industrial, estes métodos exigem espaços livres ao redor das “gaiolas” ou “ilhas”, pois os estoques intermediários são altos. Dependerão do ritmo do operador da linha para serem liberados. Os espaços devem, portanto, ser projetados

Gaiolas

Figura 90 - Layout em “gaiola de pássaros”. Redesenho a partir de CORIAT, 1994,p.63 In, CAMAROTTO, 1998, p.127.

Ilhas

Figura 91 - Layout em “ilhas”. Redesenho a partir de CORIAT, 1994,p.64 In. CAMAROTTO, 1998, 127.

com áreas residuais.

No caso do Layout em Linha, os equipamentos diferentes são dispostos linearmente, assim como diz o nome, na ordem do processamento do produto. O operador percorre cada um dos equipamentos. A vantagem deste layout é o pequeno estoque necessário na produção, no entanto, os estoques nos finais das ilhas são elevados. Um marco na utilização deste processo é a fábrica da Volvo em Kalmar. (CAMAROTTO, 1998, p.129)

Solução contra o trabalho individualizado surge o Layout em Grupo, cujo nome provém de “Tecnologia de Grupo”, que significa agrupar os produtos por famílias definidas principalmente por similaridades geométricas e de processos. A idéia é que grupos de máquinas com funções e processos diferenciados realizem em menor tempo uma maior quantidade de produtos. Este layout funciona com a divisão da produção em células, que serão apresentadas adiante. Esse tipo de organização produtiva surge, segundo CAMAROTTO (1998, p.132), em decorrência do movimento de humanização do trabalho com os princípios do trabalho em grupo. A idéia principal era modificar o sistema de trabalhos altamente repetitivos, que tem conseqüências negativas na saúde e segurança no trabalho, por exemplo, estresse, problemas de foro músculo-esqueléticos, insatisfação, baixa por doença, dentre outros. As linhas de montagem mais clássicas, baseadas no modelo tayloriano-fordiano, tendem, inclusive, a negar aos trabalhadores oportunidades de promoção do seu desenvolvimento pessoal, de controle sobre o seu trabalho, de autonomia na tomada de decisão e de resolução de problemas e de participação efetiva e concreta nas tarefas⁴¹.

Figura 92 - Layout em linha. Redesenho a partir de CORIAT, 1994,p.64 In. CAMAROTTO, 1998, 128.

”Sabemos que os grupos têm características específicas que são distintas das características dos indivíduos que os compõem. O grupo é maior do que a soma dos indivíduos que o compõem. (...) Uma idéia-chave no conceito de trabalho de equipe é a *relação igualitária, não subordinada, não hierárquica*. Não basta a ação concertada de duas ou mais pessoas, trabalhando na solução de um problema, em conjunto e de maneira concertada, é necessário que essa relação seja estabelecida numa base de relativa igualdade, fora portanto da relação hierárquica. Essa relação traduz-se no *espírito de equipe*.” (GRAÇA, 2002)

É importante notar que estes novos métodos de produção, em geral, exigem áreas internas à produção destinadas ao estoque de produtos em processo, diferentemente da produção linear, onde o estoque dividia-se basicamente em entrada e saída, podendo ser um único estoque. Convém salientar que estes estoques intermediários, em geral, tipologicamente são muito distintos dos estoques principais de entrada e saída de produtos, podendo até mesmo não serem identificados como tal e sim consistirem em espaços determinados apenas pela posição das máquinas.

Uma forma de se diminuir os estoques pode ser realizada através do Layout celular que, por sua vez, é utilizado em fábricas com grande variedade de produtos, que são divididos em famílias. As células são dois ou mais postos de trabalhos distintos localizados proximamente, nos quais um número limitado de peças ou modelos é processado utilizando-se fluxos lineares. Neste caso os materiais se movimentam pouco. A desvantagem é a dificuldade em se balancear a produção de cada uma das células.

Avançando ainda mais no conceito do produto movimentar-se o mínimo possível está o Layout Posicional Flexível os equipamentos são rearranjados rapidamente dependendo do produto e da quantidade a ser produzida. A área física deve ser projetada de forma a ter facilidade de rearranjo e os equipamentos são móveis. Esta produção se dá linearmente. É um misto de Layout Posicional e Layout Linear.

⁴¹ “(...) Historicamente, e desde a sua criação em 1913, a produção em linha de montagem (mecanizada) só foi técnica e organizacionalmente viável graças aos razoáveis salários oferecidos pela indústria automóvel em troca de duríssimas condições de trabalho.(...)Tratava-se de dar resposta aos constrangimentos e especificidades do mercado de trabalho e da gestão de recursos humanos (alto índice de *turnover*, excessiva taxa de absentismo, dificuldades de recrutamento e, em 1971, greves selvagens esporádicas, fora do controlo sindical e do tradicional clima de concertação social reinante na Suécia desde os anos 30).(...)”(GRAÇA, 2002)

O Sistema mais contemporâneo, no entanto, é a “Produção Modular”.

“Os conceitos da “Produção Modular” são originários da evolução tecnológica dos computadores. A palavra “módulo”, no universo da computação, tem um significado completamente diferente dos anteriormente apresentados e é resultado da evolução lógica dos processos de pensar e conceber o “hardware” e o “software” da informática.

Esses novos conceitos não tem as medidas dos componentes como parâmetro, mas a possibilidade de inter-relacionar suas performances e a lógica da sua produção.

São conceitos ainda em estudo para implantação e sistematização na construção civil, embora já desenvolvidos em outros setores industriais.”

(ROSA, 2006, p.65)

O Layout Modular surgiu na década de 80 no Canadá, Estados Unidos e Japão. É uma tentativa de se combater os custos elevados das instalações e equipamentos de fábricas de produtos e do encurtamento da vida útil dos mesmos (em função do veloz avanço tecnológico, principalmente produtos eletrônicos). Os produtos são realizados individualmente, em unidades fabris menores (módulos), que podem estar interligadas ou não (em muitos casos cada componente é produzido em um país ou continente diferente) sendo que há a obrigação apenas de que a interface entre os produtos permaneça operativa. Os diversos componentes, dessa forma, desenvolvem-se ainda de maneira mais eficiente, por meio da especialização das fábricas. Esse conceito faz necessárias fábricas apenas de montagem dos componentes para transformação no produto final.

Conceito semelhante é utilizado na fábrica de edifícios, o Centro de Tecnologia da Rede Sarah, em Salvador, um dos estudos de caso a serem apresentados neste trabalho.

Os diferentes tipos de arranjo físico determinarão características espaciais do edifício industrial e permitirão ou não a sua flexibilidade para futuras expansões. No layout em linha ou por produto, o planejamento do edifício torna-se mais simples, pois, o fluxo é muito claro e previsível. Neste caso não existe grande dificuldade em se controlar as áreas necessárias para a produção e estoques, que funcionam perto do limite da capacidade. Cada elemento do edifício, como por exemplo, o estoque, a área de produção, e os escritórios da administração, apresentam-se bem determinados. Não há a necessidade de estoques intermediários durante a produção. A organização dos fluxogramas para o projeto

arquitetônico determinará a forma da linha e, portanto, do espaço construído. Os tipos de linha mais comuns se aproximam das formas das letras L, O, S ou U.

No caso do layout funcional, existirá maior variedade de produtos, portanto, será difícil definir o edifício sem a presença de áreas residuais para que este se adapte a diversas produções. Neste caso convém que o edifício possa se expandir para todas as direções e que o maquinário possa ter sua posição modificada. Um grelha de grandes vãos e intercolúnio regular facilitará as modificações ao longo do tempo. Espaços sob áreas administrativas em mezaninos poderão funcionar como estoques intermediários ou áreas especiais da produção. Situações semelhantes ocorrem nas células de manufaturas.

problemas relacionados à falta de planejamento do layout

1. Fluxos excessivamente longos	Edifícios custosos, necessidade de grandes planos de vedações.
2. Estocagem desnecessária	Superdimensionamento desnecessário dos edifícios industriais destinados a estoque de matéria-prima e produtos.
3. Formação de filas e “gargalos”	Diminuição da capacidade produtiva, necessidade de alterações ao projeto original durante a vida útil.
4. Aumento de custos de produção	

um correto arranjo determina

1. Segurança	Ajuda a planejar o fluxo de pessoas, bem como marcações, limitações e possíveis cruzamentos de pessoal e mercadorias.
2. Minimiza distâncias	Menores distâncias significam ganhos em tempo de produção e edifícios mais compactos, com melhor aproveitamento dos recursos dispensados à construção e terreno.
3. Conforto para os operadores	É possível planejar com melhores resultados as questões relativas à iluminação, ruídos industriais, vibrações, temperatura dos ambientes, dentre outros.
4. Facilidade de Coordenação (Gerência)	Os espaços destinados à gerência e proximidade com as diversas atividades da produção podem ser planejados de forma que estas atividades se complementem satisfatoriamente.
5. Facilidade de Acesso aos equipamentos	Facilita o planejamento de fluxos de manutenção e acessos específicos.
6. Otimiza e melhora o uso do espaço	O edifício aproveita melhor os espaços, são executados espaços ociosos em menor quantidade. Estes espaços, assim como o restante da fábrica, apesar de desnecessários devem ser mantidos segundo os critérios adotados o que agrega custos desnecessários à produção.
7. Mudanças de operações caso necessário	Permite o planejamento prévio de seqüências produtivas diversas dentro de um mesmo edifício, sem que para isso o envelope industrial necessite ser desmontado.

Segundo VALLE (1975, p.66), para se estabelecerem os critérios de determinação do arranjo adequado para cada atividade, existem três fases essenciais a serem seguidas: 1. Análise do Problema; 2. Pesquisa da solução ou das soluções possíveis; e 3. Escolha da Solução a adotar. As ferramentas disponíveis para tal efeito são basicamente: desenhos, gabaritos bi-dimensionais, maquetes, meios computadorizados, simulação de produção e experiência do arquiteto quando já tiver conhecimento absorvido da execução de outras plantas semelhantes.

A análise engloba a movimentação de materiais, pessoas e equipamento, características do produto, características de equipamentos previstos, localização de instalações já existentes (subestações, vias de acesso, etc.), ou seja, todos os fluxos, como descrito anteriormente. O arranjo físico não se dará apenas nas áreas de produção, mas também, nas áreas de armazenagem e escritórios. Deve prever a relação entre todas as partes constituintes da fábrica.

É importante salientar que o arquiteto deve estar atento às novas tecnologias de produção e prever certa flexibilidade para que a indústria não se torne obsoleta por uma mudança tecnológica. É fundamental, portanto, para criar diretrizes para a forma do edifício industrial.

A resolução, de um problema de organização tão complexo, poderá ser facilitada por alguns métodos de estudos para tal fim, no entanto, o bom senso e intuição do arquiteto serão fundamentais. Os três mais comuns, segundo VALLE (1975, p. 69) são: 1. Método dos Elos, 2. Método das Sequências Fictícias e 3. Método dos Torques. O Primeiro deles, o método dos Elos, consiste basicamente no estudo de todas as inter-relações possíveis entre as várias unidades que compõem o edifício industrial. Com base na repetição das relações pode se estabelecer um critério de prioridade na localização das unidades. Utiliza-se, portanto, para a definição da organização o tráfego entre as unidades, que podem ser os diversos equipamentos. Podem ser produzidas tabelas de intensidade de tráfego ou número de peças deslocadas. Utiliza-se deste método principalmente em

casos onde o número de máquinas não é grande, não são longos os ciclos de fabricação e a produção não é muito diversificada.

O Método das Seqüências Fictícias “(...) consiste em determinar entre vários ciclos de fabricação, a seqüência mais geral de operações na qual as unidades operacionais podem ser repetidas ou desmembradas. Esta seqüência geral, assim obtida, assumirá, normalmente, um caráter fictício, pelo desmembramento ou repetição das unidades reais. Ela não será inteiramente seguida por cada produto, e talvez mesmo por nenhum deles, pois em cada linha de produção apenas as operações requeridas pelo seu produto serão executadas.” (VALLE, 1975, p.72) Esse método propõe o encurtamento das linhas de produção. Permite planejar a fabricação de elementos que são transportados para outras unidades fabris, sendo assim, adapta-se ao método de produção modular.

O terceiro método, dos Torques, “(...) baseia-se este método na formação de uma matriz, onde nas colunas são registrados os pontos de destino dos materiais e nas linhas os pontos de origem destes materiais. Esses pontos de origem e de destino são geralmente postos de trabalho, equipamentos ou, no caso de grandes instalações, poderão mesmo representar seções inteiras (seção de usinagem, de expedição etc.).(...) O método dos momentos é particularmente recomendado para se avaliar, entre dois ou mais arranjos físicos alternativos, qual o mais atraente do ponto de vista de economia de transportes.” (VALLE, 1975, p.76-80)

RESUMO DAS INFORMAÇÕES REQUERIDAS PARA ELABORAÇÃO DOS ARRANJOS FÍSICOS DE UMA INDÚSTRIA

1. Terreno	1.1. Planta da área com indicação do relevo e das cotas finais; indicação do Norte verdadeiro, da direção dos ventos dominantes e das vias de acesso (atuais e previstas);1.2. Resultados de sondagens; tipo de solo e carga admissível;1.3. Posições de tubulações de água e de esgoto, de redes elétricas e telefônicas, de reservatórios d'água e subestações já existentes na área e em suas proximidades;1.4. No caso de edificações já existentes, obtenção de plantas e de elevações das mesmas com indicação de colunas, portas, janelas, detalhes da estrutura e cargas admissíveis nos pisos.
2. Produto	2.1. Definição das características do produto com os respectivos fluxogramas de cada componente e a descrição das operações desenvolvidas no processo de fabricação;2.2. Definição das quantidades a produzir de cada componente e do produto final, com definição dos picos de produção (no caso de produtos sazonais) e previsão dos níveis máximos a atingir durante a vida útil da instalação.2.3. Definição da forma de suprimento das matérias-primas, de seus níveis máximos de estoque e das técnicas a adotar na armazenagem das matérias-primas e dos semi-acabados;2.4. Definição do volume, da forma de expedição e das técnicas de armazenagem dos produtos acabados.
3. Equipamentos	3.1. Relacionamento dos equipamentos, ferramentas e dispositivos necessários à produção, com discriminação de pesos, potências, dimensões, necessidades em suprimento de fluidos e demais características operacionais;3.2. Relacionamento dos equipamentos de movimentação de materiais necessários à produção, nos níveis previstos em 2.2, com listagem de suas características principais. (Ver 3.1)
4. Organização	4.1. Organograma da empresa relacionando os setores funcionais incluídos na área abrangida pelo arranjo físico e definindo os efetivos de pessoal requeridos em cada setor.4.2. Definição dos serviços auxiliares e das áreas administrativas que deverão fazer parte do arranjo físico, especialmente os escritórios, vestiários, sanitários, laboratórios, locais para refeições, etc.

5. FORMA DO EDIFÍCIO INDUSTRIAL

O Edifício Industrial deverá ser projetado após o estudo do arranjo físico da produção. Basicamente, a forma do edifício deverá seguir o fluxo de produção. O título do texto do arquiteto Gunther Henn⁴¹, expoente da arquitetura industrial européia contemporânea, alerta para este fato, quando ele altera a frase de Sullivan “A forma segue a função” (form follows function) para “a forma segue o fluxo” (form follows flow). Como resultado deste trabalho anterior será definida a área necessária para o estabelecimento das atividades e conseqüentemente as indicações para a forma mais adequada para o edifício. Poderão se determinar, portanto, as necessidades de iluminação, ventilação, instalações, condicionamento de ar e maquinário necessário. É o momento de projetar o invólucro dos equipamentos industriais. O intuito neste caso é ordenar as diferentes edificações os espaços que compõem uma fábrica, como Administração, Estoque, dentre outros, sendo o ambiente produtivo uma destas partes. A forma do edifício, por sua vez, influi diretamente em seus custos.

Basicamente, podemos dividir as estruturas em planta em aditivas ou integrativas:

FORMA DO EDIFÍCIO INDUSTRIAL			
<hr/>			
1. Sistemas Aditivos	1.1. Lineares	a.	Espinha
		b.	Pente
		c.	Base (“head”)
	1.2. Bi-dimensionais (de superfície)	d.	Grelha
		e.	Anel
		f.	Aglomerado
2. Sistemas Integrativos	2.1. Único Volume		
	2.2. Vários Volumes		

⁴⁵ Henn Architekten – Principais obras: Skoda Modular Factory, República Tcheca; Gläsern Manufaktur Production – Volkswagen AGF, Dresden; Bugatti Automobiles S.A.S., Molsheim

1.1.1. SISTEMAS ADITIVOS

No caso dos sistemas aditivos, os vários componentes funcionais serão mais ou menos independentes. Os acessos e volumes de circulação geralmente conectam as diferentes partes do edifício e funcionam como uma espécie de “coluna vertebral”. As vantagens deste tipo estão na flexibilidade e expansividade, sendo muito utilizada na indústria de alimentos, que requer espaços interligados para diversas atividades distintas, como por exemplo, produção, estoque, laboratórios de controle de qualidade, escritórios, sala de desenvolvimento de produtos. A produção se dá por meio de células fechadas, independentes e servidas pelas utilidades necessárias especificamente para cada etapa do processo produtivo.

Existe, a possibilidade de se executarem os elementos individuais segundo o requerimento. As fachadas deste tipo de fábrica sofrem, portanto, uma constante mutação e há maior dificuldade em se estabelecer uma fachada principal. De fato, o conteúdo determinará as soluções volumétricas. As unidades mais ou menos independentes poderão ser executadas segundo distintos sistemas construtivos, ideais para cada caso, mantendo apenas a conexão pelo acesso comum. Podemos dividir os sistemas aditivos em estruturas lineares e de superfície.

Há necessidade de cuidados específicos em relação a possíveis incêndios, já que em muitos casos há dificuldade de acesso de equipamentos de bombeiros e pelo fato de por serem conectadas as diversas partes, um incêndio podem comprometer o todo.

Estruturas Aditivas Lineares (Uni-dimensionais)

Figura 93 - Estrutura Linear de Espinha

Fábrica de Semicondutores Inmos em Newport
(1982)

Arquitetos: Richard Rogers + Norman Foster and Partners

Legenda:

	Entrada Principal		Áreas de Administração
	Entrada Equipe		Zonas de acesso
	Salda Encomendas		Áreas de produção
	Extensão Planejada		Malha Estrutural

Muito utilizado em fábricas de componentes eletrônicos que trabalham sob o conceito de Layout Modular. Expansões podem ocorrer facilmente. No caso de grandes extensões do corredor central que possam se tornar proibitivas, este pode assumir a forma das letras “T” ou “X”, ou polígonos diversos. CAMAROTTO (1998, p.142) alerta ao fato de que “o aumento da complexidade das formas dos módulos aumenta a dificuldade construtiva e pode diminuir possibilidades de expansão”, que se dá facilmente no sentido longitudinal dos acessos e corredores.

No caso da fábrica Inmos, a idéia básica é a criação de um interior amplo e flexível e totalmente livre de apoios internos. A estrutura e instalações foram tratadas como um exoesqueleto que cobre as áreas de pesquisa e produção com uma estética maquinista.

Figura 94 - Interior da Fábrica Inmos. Fonte: www.richardrogers.co.uk Acesso 24.02.09 às

09:46:53h.

Figura 95 - Estrutura em pente**Fábrica Leybold AG, Alzenau**

Arquiteto: Günther Behnisch

Os espaços residuais entre as unidades podem configurar áreas abertas onde será possível a instalação de maquinário para diversos tipos de utilidades fabris, como geradores, compressores de ar, alguns deles que exigem, inclusive, em função de otimização de recursos a proximidade com o local atendido. Pode abranger, portanto, atividades produtivas muito distintas em um único edifício. É muito utilizado em atividades industriais de fabricação e montagem de componentes de séries pequenas e médias. Em séries sempre iguais, é possível ser mais conveniente que os edifícios de produção se dividam e o complexo industrial seja permeado por vias de acesso gerais.

Legenda:

	Entrada Principal		Áreas de Administração
	Entrada Equipe		Zonas de acesso
	Salda Encomendas		Áreas de produção
	Extensão Planejada		Malha Estrutural

Figura 96 - Vista externa Leybold AG. Fonte:
http://www.bda-bund.de/render/image/jpg/700/500/0/Bauten_Alzenau_01.jpg Acesso 24.02.09 às 09:59:30h.

Figura 97 - Estrutura de Base (Head Structure)

"Mors System Ceilings", Opmeer

Arquitetos: Benthem Crouwel

Este tipo de edifício é muito comum em edificações industriais no Brasil. É bastante flexível em uma direção, principalmente no que diz respeito à área produtiva que em geral realiza-se em galpão com altura de dois pavimentos. A administração e outros usos dividem-se em dois pavimentos simples. Pode-se trabalhar um dos lados como a fachada principal da fábrica, diferentemente do que ocorre com estruturas em espinha ou pente. Sendo assim, define-se áreas para revestimentos "nobres" e áreas para vedações comuns às construções industriais.

A repetição estrutural pode resultar em facilidade de cálculo e economia de tipo de peças.

Estruturas Aditivas de Superfície (Bi-dimensionais)

Figura 100 - Estrutura Aditiva de Superfície do Tipo Grelha

Fábrica USM, Munsigen (1964)

"Modular Furniture Systems"

Arquiteto: Fritz Haller

A grande vantagem deste sistema é a possibilidade de expansão nos dois sentidos e a regularidade estrutural, que permite acoplamento estrutural e viabiliza os caminhamentos das instalações. Este tipo de edifício é muito interessante para utilização em produções que passem constantemente por grandes modificações tecnológicas. Os espaços podem ser realocados para qualquer um dos lados sem perder as suas características. Em geral, neste caso existe uma maior padronização das peças que seguem desenhos geométricos regulares. Outra vantagem é a integração de todas as áreas da fábrica e a possibilidade de modificação do desenho da linha de produção, sem a necessidade de seguir um acesso rígido, o que poderia resultar em grandes perdas de áreas e quebra dos fluxos.

Figuras 98 e 99 - Fotos Fábrica Mors. Fonte: http://www.benthemcrouwel.nl/portal_presentation/offices/mors Acesso 24.02.09 às 10:09:34h.

Figura 101 e 102 - USM, Münsigen. Fotos T.B.R. Bortolato, 2008.

Em geral são estruturas leves, realizadas mediante a utilização de fundações simples que podem ser sapatas pré-fabricadas ou moldadas in-loco. Em geral são utilizadas sapatas isoladas, realizadas à medida que a fábrica sofre expansões.

O exemplo de interesse para as estruturas aditivas bi-dimensionais do tipo grelha é o Sistema U.S.M (MEYER-BOHE, 1969, p. 199) (SCHIMID, 1969, p. 142-143) (JUTTNER, 2004, p.XX) , que foi desenvolvido para a fabricação da indústria de esquadrias Schärer & Söhne, pelo arquiteto suíço Fritz Haller. Junto ao sistema construtivo fabril desenvolveu-se a linha de mobiliário, que, curiosamente, passou a ser o produto da fábrica, ao invés das esquadrias que não são mais fabricadas, o que demonstra já de princípio a flexibilidade de sistema. O sistema divide-se em três tipologias, Maxi, mini e midi. O conceito do sistema construtivo é estar aberto a diferentes usos, mudanças, melhoramentos e desenvolvimento futuro. Na verdade, segundo o próprio autor, mais do que de um sistema construtivo, é uma tentativa de se encontrar uma forma de sistematizar a construção. As peças componentes foram trabalhadas de forma individual, levando-se em consideração como poderiam se relacionar modularmente. Ainda segundo Fritz Haller (JÜTTNER, 2004, p.31) segue a idéia da solução genérica, que absorveu as pesquisas de toda a sua vida. O edifício é pensado genericamente, mas, o detalhamento mais elementar das suas conectividades até o último nível. O sistema MAXI compreende edifícios de planta simples e com vãos largos. O sistema MIDI compreende edifícios de pavimentos múltiplos. O sistema MINI compreende edifícios de um ou dois pavimentos com vãos de até 8,40m.

“As naves de fabricação ou de armazenamento são constituídos fundamentalmente por elementos metálicos quadrados, desde 14,40m até 22 metros. Também existe a possibilidade de construir com vãos maiores, e nesse caso se formam os elementos básicos fundamentais, em forma retangular.

Foram realizados estudos e pesquisas para achar o módulo mais apropriado, chegando à tipificação da nave industrial em estrutura metálica com vão de 14,40 metros. A grande maioria de instalações industriais não necessitam de vãos maiores, e a dimensão citada anteriormente entra completamente dentro do tipo de edificações economicamente mais apropriadas.

Nas construções padronizadas anteriormente citadas existe a possibilidade da instalação de carros para gruas atirantadas de 2 toneladas de carga fixa, as quais podem suportar – sem construções suplementares – uma carga móvel de 1 tonelada em qualquer ponto do percurso. A grua atirantada tem a vantagem de permitir a instalação de vias transversais e ramais que não são possíveis no caso das pontes rolantes.” (MEYER-BOHE, 1969, p.199) (Traduzido pelo autor)

Recentemente, realizou-se nova expansão da fábrica de mobiliário USM Schärer & Sohne com o uso do mesmo sistema, que não é fabricado de maneira comercial. As pesquisas atuais, no entanto, conduziram este arquiteto a desenvolver um sistema informatizado, chamado de “ARMILLA” no Instituto de Edificações Industriais da Universidade de Karlsruhe. A idéia desse sistema era auxiliar no desenho de todas as complexas instalações de um edifício industrial de forma que não existissem conflitos entre os sistemas e que se racionalizasse a montagem e alteração dos mesmos. Os autores da pesquisa apontam que o desenvolvimento do sistema levou não só à resolução de questões de instalações, como também, pode auxiliar em questões de movimentação da produção e funcionalidade dos espaços.

Figura 103 - Estrutura Aditiva de Superfície em

Forma de Anel

Planta de Montagem da Volvo em**Kalmar (1974)**

Arquiteto: Kurylovicz

A vantagem principal deste tipo de edifício é o controle da produção e a redução em quantidade de sistemas de utilidades industriais. Todos os sistemas de utilidades ou estoque de produtos localizam-se no centro das atividades, numa espécie de “coração” da fábrica. De fato, expansões em extensão da linha produtiva são mais complicadas, no entanto, expansões de número de linhas se dão facilmente. Neste caso, para que as expansões sejam possíveis o único porém é que o edifício siga uma regularidade geométrica.

A fábrica da Volvo em Kalmar, além de interessante exemplo de uma estrutura em forma de anel é um exemplo das relações entre organização do trabalho e produção industrial, sendo conhecida mundialmente pelo seu pioneirismo.

Figura 104 - Volvo Kalmar,
XXXXXXXXX,XXXXXXXXXX

5.2. SISTEMAS INTEGRATIVOS

Com os sistemas integrativos, as várias funções de um processo industrial são incorporadas em um único edifício. Uma das vantagens desta tipologia é a proximidade das várias zonas, uma com a outra, e a conseqüente diminuição das áreas de circulação. Na indústria automobilística, por exemplo, existe uma tendência em integrar as funções administrativas nas áreas de manufatura com o objetivo de melhorar a comunicação. Uma casca neutra e unificada permite um “layout” independente dos processos produtivos. Construção e produção podem ser desassociados. Extensões podem ser feitas inserindo-se estruturas, como galerias, tomando espaço de outros usos ou adicionando-se módulos externamente. Tanto nos Sistemas Aditivos como nos Sistemas Integrativos é comum que escritórios destinados à direção técnica, controle de produção e a contabilidade sejam considerados parte integrante do pavilhão de produção. As áreas de administração e vendas podem ou não estar separadas do pavilhão da fábrica. É adequado para o caso de indústrias que devam ser construídas segundo o limite máximo de produção. Nestes casos, a ampliação se dá através da construção de novas unidades autônomas. Essa falta de flexibilidade pode ocorrer em função de um limite de produção em função de um modo de transporte dos produtos, como é o caso de um limite de carga em ferrovias. Em geral, a produção deste tipo de fábrica é escoada imediatamente após a produção, podendo em muitos casos, eliminar estoque de saída de produto manufaturado.

No caso da Fábrica Skoda, de autoria do arquiteto Gunther Henn, a estrutura da fábrica pode se assemelhar a uma estrutura aditiva em forma de pente uma vez que as atividades se dão entorno de um circuito central produtivo que forma um eixo principal da fábrica, no entanto, neste eixo estão dispostas diversas funções como salas de administração, reunião, e todas as funções de comando da fábrica. Além disso, as funções que são acopladas ao redor da linha produtiva constituem um único invólucro que é erguido de forma

Figura 105 - Skoda Modular Factory, Henn Architekten, República Tcheca, 1996. Fonte: www.henn.com Acesso 18.02.09 às 16:39:25h.

em planta irregular, no entanto, segue a modulação estrutural. A idéia é diminuir a defasagem de comunicação entre a produção e os escritórios administrativos e funcionais. Estão todos dispostos num mesmo pavimento, de maneira fractal, propiciando o incremento das atividades e trabalhos realizados em grupo.

As indústrias ainda podem divididas em dois tipos segundo sua organização espacial no terreno: edificações em um único volume e edificações em vários volumes. No primeiro caso, todos os setores industriais se dividem sob uma mesma cobertura, que funciona como um envólucro de toda a fábrica (tipo “enclosure” ou “boite-close”). Quando construída em vários blocos, os setores serão divididos em edifícios separados.

6. A FÁBRICA EM CORTE

Do ponto de vista do número de pavimentos podemos analisar a Indústria tipologicamente:

6.1. Edifícios VERticais

Edifícios verticais são mais econômicos que os horizontais em locais onde o valor do solo é alto e a área do empreendimento limitada. Um planejamento mais compacto é possível, e o planejamento de tubulações, ventilação, comunicações e serviços em geral, podem ser mais econômicos, e a supervisão e comunicação com os acessos é mais fácil. As maiores desvantagens são: perda de espaço pelos elevadores, escadas, esteiras verticais, e a necessidade de escadas de fuga de incêndio.

Em edifícios em pavimentos múltiplos, convém colocar as áreas de utilidades na cobertura, de forma a impedir o contato direto entre os serviços e as áreas produtivas. O suprimento e efluentes são levados e retirados dos pavimentos através de “shafts” verticais. Dentro dos pavimentos, as tubulações passam pelos pisos (que podem ser elevados), pelo teto (aparentes) ou dentro de forro falso. Há necessidade de se preverem áreas adicionais de utilidades no térreo, para medidores, tratamento de efluentes, transformadores, dentre outros. Assim, a centralização das utilidades exige menor espaço e menor áreas de “shaft”, sendo que não são necessárias áreas externas abertas e fachadas livres para a exaustão de ar. No entanto, existem desvantagem para essas configurações. Uma delas é o maior peso sobre a cobertura, que deverá ser previsto em projeto e cálculo de estruturas, outra, facilmente identificável, é a dificuldade de expansão em altura do edifício. Por esse motivo, pode ser interessante que as instalações localizem-se em porões de utilidades. Mesmo assim, algumas áreas na cobertura são necessárias para exaustão de ar.

A largura das fábricas é determinada pela área da janela, que, para permitir uma adequada penetração da luz natural, deve ter

ao menos 30-35% da área do piso, segundo SELUIANOV (1961). Pisos iluminados por todos os lados são geralmente mais convenientes para os propósitos de trabalho humano. Por esse motivo, tradicionalmente, assim como descreve MUNCE (1960, p.113), estes edifícios são longos e estreitos o que os torna menos adaptáveis a diversos layouts de produção. As pequenas áreas de trabalho, por sua vez, dificultam o andamento da produção que tem que ser dividido em diversas fases.

Para muitas categorias de edifícios industriais, a mistura de partes verticais e horizontais será a solução mais satisfatória. Trabalhos leves com maquinário leve como encapsulamento ou embalagem, podem ser realizados satisfatoriamente em andares, máquinas pesadas devem ser dispostas em planos térreos. Para fábricas com carga de 1000 a 1500 kg/m² existem vantagens na construção em pavimentos: reduz-se a superfície edificada sem onerar demasiadamente a estrutura (o que é muito interessante principalmente quando nos referimos a uma área urbana), simultaneamente, são reduzidas as extensões de todas as redes externas e de comunicações, a superfície de caminhos pavimentados, a dimensões das cercas, etc. Fatores que tem importante influência sobre o custo final da obra. Além disso, reduzem-se os pontos de fundações, no entanto, esta redução pode não ser significativa uma vez que, as diversas cargas e sobrecargas estruturais deste tipo de edificação exigem que se trabalhe com vãos menores, variando geralmente entre 7x7m e 7x14m. De fato, o edifício industrial tem seus primeiros exemplares históricos em múltiplos pavimentos, em função da necessidade de se aproximar as atividades de uma fonte de energia motora, muitas vezes localizada abaixo do edifício, como é o caso de rodas d'água, situação descrita em outros capítulos anteriores.

Figura 106 - Fluxo produtivo linear em edifícios de diferentes configurações em corte. Fonte: Mills, Edward D. "The Modern Factory"

Adaptado pelo autor.

Torna-se, também, cada vez mais importante o problema dos recursos (CO_2 , emissões diversas, diminuição de recursos), que não são apenas soluções locais, nacionais, mas sim, devem se estender ao plano global, assim como descreve RICHARZ (In. JÜTTNER, 2004, p.27), de forma a se evitar crises em um futuro próximo. Nesse sentido, a densidade alcançada em implantações fabris de pavimentos múltiplos é um requisito básico para edifícios que conservam recursos. Ressalta que por meio da ereção de edifícios em verticais, aperfeiçoam-se os consumos de recursos em sistemas de ar-condicionado, tráfego entre unidades e, portanto, emissões tóxicas provenientes do uso destes sistemas. Sendo assim, nota-se hoje em dia a volta da popularidade dos edifícios industriais verticalizados, principalmente no cenário Europeu.

6.2. Edifícios Horizontais

Edifícios de único pavimento são geralmente planejados onde bens pesados ou máquinas pesadas estão envolvidas. Até recentemente, o edifício de única planta era praticamente universal para todos os propósitos de manufatura, mas com o desenvolvimento dos elevadores de alta velocidade, esteiras, empilhadeiras, e transportes baseados na gravidade, o edifício vertical cada vez se torna mais comum. Os edifícios de único pavimento, naturalmente, exigem um sítio muito maior em área do que os edifícios verticais, e apesar disso, são mais econômicos nos locais em que o custo da terra é baixo e existe abundância de área. Mesmo em um país com dimensões continentais, como é o caso do Brasil, já se torna alto o investimento em grandes áreas vazias para o estabelecimento de grandes edificações industriais com possibilidade de expansão. São, também, geralmente mais caros no que diz respeito à construção, resfriamento ou aquecimento e ventilação.

Mesmo em edifícios de planta simples, o maquinário pode ser previsto suspenso na estrutura principal portante do edifício. A não ser que a fábrica possua arranjos especiais, é interessante que sua planta produtiva (maquinário) não seja suspensa ou conectada ao edifício. Suportes especiais, independentes da estrutura principal, devem ser instalados para carregar a planta, sendo assim, o edifício atua apenas como uma casca para operários e para a planta contra o clima e as condições externas. Caso essa regra seja seguida, as paredes externas podem ser construídas com o uso de vasto número de materiais leves de resistência suficiente para o transporte do próprio peso e no caso de carga adicional, não o suficiente para carregar a planta ou maquinário. Quando as vedações externas da fábrica são consideradas leves, são possíveis paredes contínuas de vidro e as suas vantagens inerentes podem ser apreciadas. Isso ainda possibilita maior flexibilidade da fábrica a novos usos e instalações.

Assim como descreve VALLE (1975, p. 91), os arranjos físicos em edificações de um pavimento serão sempre mais flexíveis que nas edificações verticalizadas, portanto, recomenda-se perseguir, na indústria, o conceito de horizontalidade na distribuição das áreas de produção.

6.3. Galpões

São edifícios que se caracterizam por apresentar pavimento único, com grandes vãos livres e que por isso permitem ocupações internas muito diversas. Normalmente não possuem pavimentos intermediários, podendo ocorrer de forma parcial em alguns casos, quase sempre ligados a atividades de controle das atividades industriais.

Os pilares estão, normalmente, sujeitos a grandes esforços de momento fletor e a baixa carga vertical. Em geral a cobertura é realizada em materiais leves como é o caso das telhas metálicas, e na maioria dos casos utiliza-se de iluminação zenital, por meio do uso de telhas translúcidas.

O piso destes edifícios deverá, na maior parte dos casos, suportar altas cargas pontuais, seja pelo maquinário e produto pesados, seja por ser usado como estoque de matérias-primas ou produtos acabados. Em alguns casos os pilares devem prever pontes rolantes para auxiliar no deslocamento de cargas.

Esse é o tipo de edificação mais comum nos condomínios industriais, sendo que, na maior parte dos casos sobre as docas que se organizam voltadas para uma via interna central, constróem-se pavimentos simples para os escritórios e administração. Um pé-direito corrente para esse tipo de edificação é de 7 metros.

Não convém, economicamente, a não ser que seja determinado pela linha produtiva, que os galpões sejam muito longos e estreitos, assim como descrito no exemplo de VALLE (1975, p.64). O autor apresenta a comparação entre dois galpões de mesma metragem quadrada, mas de comprimentos diferentes, sendo um deles de forma mais retangular e alongada e outro de forma mais próxima ao quadrado, tendo as dimensões de, respectivamente, 120x20m e 60x40m (área=2400m²). As distâncias percorridas pelo material em uma linha produtiva nos dois galpões também se equivalem, sendo o primeiro em linha reta e o segundo em linha em formato de letra “U”, tendo comprimento de 120m cada uma delas. Sendo assim, a primeira análise a ser observada é que o galpão A (retangular) exigirá 40% a mais de tapamentos laterais que o galpão B. As tubulações e cabos elétricos de distribuição também serão mais longos no galpão A, que assim como o autor descreve, significarão maiores perdas de carga e maiores quedas de tensão.

“Possivelmente, ao se adotar a solução A, deverão as bombas se mais potentes e talvez seja necessária a instalação de um maior número de centros de carga, com maiores investimentos em transformadores e quadros elétricos.

Ainda no exemplo citado, o número de colunas de sustentação da cobertura para a solução A será aproximadamente 25% superior ao da solução B, mantidos os mesmos vãos e espaçamentos entre pilares (para vãos de 20 m e espaçamentos de 6 m entre colunas consecutivas, o galpão A requer 50 colunas, enquanto que o galpão B requer apenas 39).

A solução A traz uma vantagem, que é a simplificação do diagrama de fluxo (flow-chart), aqui reduzido a uma reta, o que poderá significar economia nos transportes internos (mediante a instalação, talvez, de uma única ponte rolante).”

No caso da necessidade interna de maior metragem de paredes para apoio de máquinas, bancadas e equipamentos convém a utilização de formas retangulares.

Dependendo da finalidade ou processo industrial a que um

GALPÕES - ÍTENS A SEREM OBSERVADOS

1. Dimensão do Pé-direito	Tipo de produção, existência ou não de jirau
2. Locação e dimensões das aberturas	Necessidade de ventilação e iluminação natural. Segurança.
3. Necessidade de Lanternim	Iluminação Zenital, tipo de lanternim
4. Necessidade de ventilação natural	Localização das aberturas.
5. Necessidade de calha	Escoamento das águas pluviais.

galpão se destina, devem ser analisados:

Em geral, os sistemas construtivos padronizados são galpões de apenas um pavimento:

“A padronização dos edifícios industriais de vários pavimentos é um problema mais complexo, comparado com o de edifícios de um só pavimento ou ainda com os edifícios de habitação, devido à existência de uma grande quantidade de fatores variáveis e interdependentes que influem na determinação das características desse tipo de

construção. A superfície e a forma da planta, sua largura, quantidade e dimensões dos tramos, a separação entre as colunas, o número de pavimentos, a altura livre dos locais (a que pode ser variável nos distintos pavimentos de um mesmo edifício), a capacidade portante, o material e a estrutura dos “entrepisos”, a dimensão e a disposição em planta das caixas de circulação vertical, a existência de montacargas, são uma enumeração muito completa dos parâmetros variáveis mutualmente relacionados, que dificultam a padronização dos edifícios industriais de pavimentos múltiplos.”

(SELUIANOV, 1961, p.15)

Existem diversos sistemas de galpões em estruturas de concreto armado pré-fabricado. Alguns deles prevêem a execução de todas as peças no mesmo material, como fundações, pilares, vigas, vigas para pontes rolantes, lajes intermediárias e cobertura. Os diferentes desenhos dependerão da empresa produtora contratada. Mais adiante neste trabalho serão apresentadas maiores características a respeito do material.

Os Galpões metálicos em pórticos podem ser de dois tipos principais de estrutura no sentido transversal: pórticos de alma cheia e pórticos treliçados. Esses dois tipos de construção podem se desenvolver em vãos simples ou vãos múltiplos. Como vantagem do sistema treliçado, está a economia de material, no entanto, exige maior quantidade de serviços de montagem e tem um custo mais alto de manutenção. Por sua vez, os pórticos de alma cheia consomem mais material, mais possuem montagem facilitada e menores custos de manutenção.

Quando se projeta um galpão metálico, deve-se ainda analisar a distância entre os pórticos. Maiores distâncias significam economia de fundações, no entanto, menores distâncias podem diminuir o uso de estruturas secundárias para a cobertura, como por exemplo, as terças em perfis I, conforme analisa PINHO (2005). Também deve ser verificada a inclinação da cobertura. Coberturas mais planas são ideais para grandes calhas, no entanto, reduzem a eficiência do pórtico, fazendo com que sejam necessárias maiores seções para as colunas e vigas.

As maiores solicitações ocorrem nas ligações entre colunas e vigas, podendo-se utilizar mísulas para aumentar a seção destes pontos. As bases podem ser rotuladas (mais conveniente para as fundações) ou engastadas (favorecem a rigidez e estabilidade da estrutura).

Tipos de galpões em pórticos, conforme artigo de Fernando Ottoboni Pinho, Engenheiro consultor da Gerdau Açominas:

6.3. Sem Ponte Rol ante

A carga predominante é o vento, utilizam-se coberturas leves. Não são contempladas vigas de rolamento para as pontes rolantes.

6.3.1. Pórtico simples de alma cheia

“Uma estrutura simples e simétrica com cobertura inclinada que tem vão livre de 15m a 45m e altura de 5m a 12m. A inclinação da cobertura fica entre 5° e 20° e o espaçamento entre os pórticos entre 6m e 12m. É comum a utilização de mísulas nas ligações das vigas com as colunas e na cumeeira.”

O arquiteto deverá observar, em todos os casos, o espaçamento entre os pórticos, que será fundamental para a escolha do sistema de vedação lateral. Será necessário também atentar para a cobertura, segundo sua inclinação e portanto, tipo de telhas e possibilidade ou não de aberturas para iluminação e/ou ventilação natural.

6.3.2. Pórtico com viga castelada ou celular

“A mesma estrutura do pórtico simples, mas utilizando para as vigas inclinadas os perfis laminados formando vigas casteladas ou celulares. Como os perfis podem aumentar a altura em aproximadamente 50%, sem aumentar a massa linear, consegue-se vencer vãos maiores, de até 60m.”

A viga castelada ou celular é uma forma de com a mesma quantidade de material, através, do recorte geométrico de uma viga metálica, produzir-se um elemento de maior seção estrutural.

6.3.3. Pórtico com tirantes

“Com a colocação de tirantes, consegue-se reduzir os deslocamentos horizontais e os momentos nas colunas. São indicados para inclinações maiores que 15°. Observar, que para algumas atividades os tirantes podem ser um obstáculo indesejável.”

Grandes inclinações dos telhados podem eliminar possibilidades de galpões com águas muito largas, dificultando o escoamento das águas pluviais. Esse tipo de galpão, quando acoplado a outro edifício industrial poderá exigir, sob o ponto de vista formal, grandes alturas de platibandas.

6.3.4. Pórtico com escora central

“Para grandes vãos (maiores que 30m), e sem a necessidade de vão livre, o pórtico com escora central, pode reduzir as vigas, gerando uma estrutura mais econômica.”

6.3.5. Pórtico com cobertura em Polígona

“O pórtico com cobertura em poligonal pode ser usado para grandes vãos onde a altura total do galpão deve ser reduzida. A utilização de tirantes horizontais pode tornar a solução mais econômica.”

6.3.6. Pórtico com cobertura em arco

“Os pórticos com cobertura em arco são utilizados principalmente em função de necessidades arquitetônicas. As vigas laminadas são curvadas por calandragem a frio. Para vãos grandes, serão necessárias ligações nas vigas, que devem ser cuidadosamente detalhadas.”

6.4.Com Ponte Rol ante

“Os galpões com ponte rolante são mais complexos porque exigem apoio para o caminho de rolamento das pontes rolantes, normalmente empregados para instalações industriais pequenas ou grandes. Quase todas as tipologias empregadas nos galpões sem ponte rolante podem ser usadas também para os galpões com ponte rolante. A carconstrução ga predominante agora é a da ponte rolante, introduzindo esforços verticais, horizontais e impactos que devem ser resistidos pelos pórticos, mantendo sempre as deformações máximas dentro dos limites para a operação da ponte. As tipologias abaixo são as mais utilizadas para as colunas dos pórticos com perfis laminados ou soldados.”

6.4.1. Pór tico com consol e

“Para galpões com pontes rolantes leves, operadas com controles pendentes, as vigas de rolamento podem se apoiar em consoles soldados nas colunas de seção única, respeitando os afastamentos mínimos exigidos para a movimentação da ponte.”

6.4.2. Pór tico com col una escal onada

“Para galpões com pontes rolantes médias ou com caminho de rolamento de maior altura, será necessário utilizar perfis diferentes para os segmentos abaixo e acima do apoio das vigas de rolamento para obter um conjunto econômico, respeitando as folgas necessárias para a movimentação da ponte rolante.”

6.4.3. Pór tico com col una duPI a

“Para galpões com pontes rolantes pesadas ou de grandes vãos livres, a utilização de uma segunda coluna, apenas para o apoio das vigas de rolamento tornará o conjunto bastante eficiente, desde que se trave uma coluna na outra formando um conjunto treliçado, dando a rigidez necessária para resistir às cargas horizontais da ponte rolante.”

COMPARAÇÃO ENTRE PRÉDIOS INDUSTRIAIS DE UM PAVIMENTO E VÁRIOS PAVIMENTOS		
	UM PAVIMENTO	VÁRIOS PAVIMENTOS
Área do terreno / Área construída	Maior	Menor
Custo de construção/m3	Maior	Menor
Fluxo por gravidade	Impossível	Possível
Despesas com elevadores	Não há	Há
Futura expansão	Mais fácil	Mais difícil
Comunicação entre departamentos	Mais fácil	Mais difícil
Controle das Operações	Mais fácil	Mais difícil
Colunas nas áreas de produção	Poucas e espaçadas	Muitas e próximas
Equipamentos Pesados	Mais adequado	Menos adequado
Infraestrutura e Tubulações (utilidades)	Menos econômico	Mais econômico, pode significar cargas extras na estrutura do edifício

Fonte: KEHR (198-?), Adaptado e ampliado pelo autor.

7. ELEMENTOS DA ARQUITETURA INDUSTRIAL

A seguir, durante o projeto do edifício industrial, existem uma série de fatores a serem analisados. A diferença da Arquitetura Industrial com a arquitetura comum reside justamente na necessidade em se coordenar uma grande quantidade de sistemas e requisitos técnicos que não estão presentes em outras tipologias arquitetônicas. Os elementos contemplados vão do maquinismo, transporte, iluminação natural e artificial, estrutura até as considerações de conforto para um ambiente onde trabalharão grande quantidade de pessoas durante toda uma jornada laboral. A funcionalidade da fábrica dependerá dos estudos de todos estes sistemas e do seu funcionamento simultâneo. Estes elementos são, em paralelo, fundamentais para a obtenção de licenças de construção e funcionamento dos edifícios industriais perante os órgãos federais, estaduais e municipais. Aqui serão apresentados apenas os elementos principais constituintes do edifício industrial. VALLE (1975, p.260) apresenta como objetivos básicos dos edifícios industriais:

- “1. Proteger as instalações e seus operadores contra os efeitos dos agentes da natureza (sol, vento chuva, granizo, etc.), assegurando nos locais industriais um ambiente tecnicamente adequado ao trabalho e à produção;*
- 2. sustentar, transferindo para o solo, as cargas decorrentes dos equipamentos, materiais e operadores, constituindo um conjunto integrado com as instalações da indústria.”*

7.1. PISOS

Os pisos industriais devem ser resistentes aos materiais utilizados dentro do espaço construído, bem como o peso dos equipamentos instalados, e à movimentação de pessoas e equipamentos auxiliares, como por exemplo, carros, caçambas, dentre outros.

Na maioria dos casos, convém que seja o mais liso possível, impermeável, não escorregadio e com drenagem corretamente dimensionada (com caimento de no mínimo 1% para os ralos, nunca em direção das paredes, ou, utilização de canaletas em áreas muito úmidas), para que se mantenha sempre seco e seja de fácil limpeza, fatores essenciais nas indústrias alimentícias, uma vez que, a umidade pode provocar o desenvolvimento de fungos e bactérias. No caso destas indústrias, vale destacar que o material que era mais utilizado há alguns anos, o ladrilho cerâmico, vem perdendo seu espaço, uma vez que as juntas preenchidas por rejuntas em argamassa favorecem o desenvolvimento de microorganismos maléficos à produção.

Os pisos vêm sendo realizados em resinas furanosídicas, epóxi e poliéster, preparadas para adequada resistência a substâncias ácidas ou alcalinas. Esse tipo de resina funciona como impermeabilização do contrapiso e estrutura do edifício, no que diz respeito à umidade. No caso do ladrilho cerâmico, convém impermeabilizar o contrapiso sobre o qual será assentado. Nas junções com as paredes ou grandes equipamentos devem ser utilizadas cantoneiras de perfil curvo (iguais às usadas nos hospitais) ou mesmo os cantos devem ser realizados em argamassa na mesma forma, sendo depois revestidos (esta última opção gera dificuldades no uso de estruturas pré-fabricadas).

Em suma, o piso deve atender:

REQUERIMENTOS PISOS INDUSTRIAIS	
a. resistência mecânica	ao esmagamento, ao choque, às vibrações, à abrasão, etc.
b. resistência a agentes químicos e físicos	óleos, solventes, vapores, ácidos, bases, sais, calor, luz, umidade, etc.
c. segurança	incombustibilidade, características antiderrapantes, não-centelhamento, etc.
d. higiene e conforto	estabilidade física e química, não descolorando, não libertando poeiras e odores, oferecendo bom isolamento acústico e térmico
e. fácil manutenção	facilidade de limpeza, possibilidade de reparos localizados, possibilidade de reposição ou recuperação da superfície de atrito

Fonte: VALLE (1975, p.276-7), adaptado pelo autor.

7.2. VÊDOS

Assim como o piso, devem possuir superfície lisa, contínua, lavável, impermeável e de fácil manutenção. As pinturas ou resinas são aplicadas sobre paredes tratadas com massa fina. Muitas vezes – em locais de alta umidade - estas pinturas possuem efeito fungicida, para evitar o aparecimento de microorganismos indesejáveis. Convém, por sua vez, que as paredes sejam executadas em materiais claros, segundo especificado no artigo 174 do Decreto Estadual 12.342/78. O uso de cores claras favorece a radiação luminosa.

Em locais de grande movimentação de pessoas e equipamentos, é fundamental proteger partes das paredes através da instalação de barras metálicas horizontais ou chapas de metal. Este tipo de medida auxilia a manutenção dos espaços uma vez que os revestimentos são protegidos, garantindo maior vida útil aos espaços fabris. Utiliza-se dos mesmos sistemas nas portas e próximo a equipamentos industriais fixos.

Nas paredes, convém que os cantos sejam arredondados, assim com descrito anteriormente no item sobre pisos industriais.

Outro cuidado na especificação dos vãos industriais refere-se às questões de compartimentação para proteção contra a propagação de fogo para fora destes ambientes. Podem ser executadas paredes corta-fogo em pontos específicos do empreendimento. Para isso, deverão ser desenhados corretamente as ventilações horizontais e verticais, os peitoris e paredes.

7.3. TETOS

O teto, elemento aparentemente de menor importância, influi diretamente nas condições de operação e higiene da planta industrial. A sua altura relaciona-se com a altura dos equipamentos de produção, ventilação e iluminação dos ambientes. O Código de Obras do Município de São Paulo, estabelece a altura mínima de 4 metros de pé-direito para os estabelecimentos industriais, aceitando-se redução

até 2,70m em casos específicos, de pequenas atividades produtivas.

Os tetos falsos, muito utilizados em diversos tipos de construções, devem ser evitados nos edifícios industriais, pois, promovem espaços para o desenvolvimento de insetos e até mesmo roedores. Outra desvantagem é o impedimento de uma fácil manutenção das instalações – como por exemplo, de ar condicionado e exaustores - que, no caso de salas limpas, convém que sejam periodicamente desmontadas para lavagem.

Locais úmidos devem estar dotados de aberturas corretamente dimensionadas para evitar a condensação no teto do vapor de água, que procova o aparecimento de mofo e bolores. A água de condensação pode pingar sobre a produção, carregando grande quantidade de microorganismos indesejados. Esse tipo de problema pode se tornar causa de difícil diagnóstico de perda permanente de parte da produção de uma fábrica de alimentos, por exemplo.

d. COBERTURAS

A edificação industrial deve ser pensada planimetricamente de forma cautelosa, no entanto, não pode deixar de lado o projeto das coberturas, que são essenciais para a qualidade final e desempenho da edificação. As coberturas são, nas edificações industriais atuais (que ainda privilegiam a horizontalidade), o somatório da área de todos os espaços em planta. Nesse sentido, são importante elemento do orçamento do edifício e estão diretamente relacionadas a características de manutenção, conforto térmico, de iluminação e acústica dos espaços internos.

Os méritos do aço e do concreto reforçado, como materiais construtivos, passa pelo uso de ambos em alternativas para as velhas coberturas com clarabóias voltadas para o sul (Hemisfério Sul), as quais antes de serem completamente ultrapassadas, por utilizarem-se de uma luz difusa de péssima qualidade, foram utilizadas vastamente na construção. O tipo exato de estrutura de um edifício só poderá ser decidido depois de estudos cuidadosos a respeito de sua função, realizados pelo arquiteto. As coberturas podem ser autoportantes ou com apoios intermediários. O desejo em se construir locais grandes, sem apoios intermediários, plantas de forma e traçados flexíveis e suscetíveis a ampliações para a indústria pode realizar-se com a ajuda da construção de armaduras ou tesouras de

diversas classes. O fato de que tais construções resultem ou não econômicas depende da eleição do sistema estático e da separação ou distância entre as vigas. Encontrar a separação ótima e a luz mais conveniente é a primeira questão que deve ser resolvida pelo projetista (a distância econômica entre vigas oscila entre um quarto e um terço do vão). A grelha industrial típica tem dimensões que variam de 14,40x14,40m a 24,00x24,00m. Dimensões maiores não são econômicas e por esse motivo são utilizadas apenas em casos especiais. Por outro lado, dimensões inferiores podem conflitar com o conceito de flexibilidade dos espaços.

Por se tratarem, na sua maioria, de grandes planos horizontais, quase sempre sem carregamentos superiores e realizadas com materiais leves, deve levar-se em conta a sucção causada pelos ventos tanto quanto as cargas verticais na direção do solo. As telhas metálicas são encontradas em perfis ondulados e trapezoidais (geralmente são a solução mais econômica, uma vez que são facilmente instaladas e possuem uma alta capacidade autoportante ao mesmo tempo que são muito leves), com diferentes espessuras e em várias ligas e acabamentos, podendo ser sobrepostas ou zipadas (dobradas e apertadas in loco por máquinas especiais, reduzindo-se o desperdício de material com a sobreposição, o caimento pode ser de apenas 0,5% para telhas contínuas inteiriças). Apresentam ainda dimensões variadas (podem chegar em bobinas à obra, onde são cortadas e preparadas de acordo com a necessidade do projeto) e cores naturais ou pintadas (pré-pintadas ou pós-pintadas). No caso de grandes vãos, aumenta-se a necessidade de apoios intermediários, portanto novas vigas. Por serem leves (apresentam grande resistência mecânica, as telhas podem ser fabricadas com chapas finas, o que as torna econômicas e seguras), as telhas metálicas reduzem o peso das coberturas, com vantagem no dimensionamento de terças e tesouras e no manuseio para transporte e montagem. A elevada resistência à corrosão atmosférica (principalmente as de alumínio) garante ao produto longa vida útil.

O mesmo sistema de telhas zipadas é usado também para os fechamentos laterais. Caso a proteção termoacústica seja requerida, pode ser feita no local, com o material especificado pelo arquiteto - lã de vidro ou poliuretano -, protegido internamente por uma segunda chapa metálica lisa, ou por telhas do tipo sanduíche, com material térmico instalado em fábrica.

A telha autoportante é usada para cobrir grandes vãos sem necessitar de apoios. Para estruturas menores, há vários outros tipos de telhas metálicas - com isolamento termoacústico, sanduíche com poliuretano injetável, de forma trapezoidal de um lado e liso do outro.

Já as coberturas e fechamentos em peças de concreto pré-moldadas, mais pesadas (vencem vãos de 12 m a 15 m), são usadas em ambientes ocupados por máquinas de grande porte. Em geral, os pré-moldados são mais utilizados na execução da infra-estrutura e dos mezaninos de prédios industriais. Nos fechamentos e coberturas são empregadas telhas metálicas, por serem mais leves, práticas e reduzirem em 30% o tempo de entrega da obra.

7.5.1. Coberturas em “sheds”

O “shed” é um elemento característico da arquitetura industrial. Suas funções principais são iluminar e ventilar zenitalmente espaços internos de grandes dimensões. A escolha dos tipos de cobertura industrial iluminada e ventilada tem, obviamente, relação direta com a iluminação do ambiente fabril, produtivo ou estocagem, ou seja, para isso deverão ser observadas as características de iluminação (curva de intensidade luminosa) de cada forma de cobertura em relação aos trabalhos produtivos e maquinários, evitando-se situações indesejadas como sombras em locais de necessidade de acuidade visual por parte dos operários. BRUNA (1989, p.64) atenta ao fato de que: “(...) Os sheds tradicionais, largamente utilizados pela indústria brasileira, desde esse ponto de vista são muito desfavoráveis, pois distribuem a luz natural de forma muito desigual sobre o plano de trabalho.” e ainda, “(...) As estruturas de cobertura em concreto protendido disponíveis no mercado brasileiro implicam, na sua grande maioria, a iluminação zenital, por meio de faixas contínuas cobertas com material translúcido, seja Policarbonato ou *Fiberglass*. Essa solução é inconveniente, seja porque implica uma distribuição excessiva em alguns pontos e insuficiente em outros, seja porque permite a entrada excessiva de calor.”

Alguns processos produtivos, por sua vez, não se dão corretamente sem uma adequada e constante ventilação, não só para tornar habitável o ambiente de produção, como para certos processos produtivos, que exigem reação do produto com o oxigênio da atmosfera.

tipos de coberturas industriais

**a. “Shed”, Dente de Serra
(retos ou em arco);**

1. Treliçada com banzo inferior
horizontal

Em geral, as terças treliçadas são aplicadas para vãos entre pórticos com distâncias superiores a 10 metros. Essas treliças também são conhecidas como “joists”. Para vãos menores utilizam-se os perfis de chapa dobrada que atendem bastante bem às solicitações de cargas.

A divisão de vãos maiores em maior número de sheds permite uma melhor iluminação natural.

b. Duas águas;

2. Treliçada com banzos paralelos
3. Vigas de alma cheia

1. Treliçada com banzo inferior
horizontal

2. Treliçada com banzos paralelos
3. Vigas de alma cheia

c. Lanternim;

1. Treliçada com banzo inferior
horizontal

2. Vigas de Alma cheia

3. Arco treliçado

Os lanternins duplos configuram-se como uma solução interessante sob o ponto de vista da iluminação e da ventilação natural. Distribuem de forma mais uniforme a luz natural sobre o plano de trabalho e facilitam a exaustão natural.

**d. Cascas em tijolos
armados, concreto
armado, moldadas in-
loco;**

**e. Sistemas de ventilação por
convecção.**

	COBERTURAS INDUSTRIAIS		
	TIPO SHED	TIPO DUAS ÁGUAS	TIPO LANTERNIM
TRELIÇADA COM BANZO INFERIOR HORIZONTAL
TRELIÇADA COM BANZOS PARALELOS
VIGAS DE ALMA CHEIA
ARCO TRELIÇADO

8. INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

A edificação industrial exige diversos cuidados no detalhamento interno da edificação dependendo da atividade produtiva. A manutenção, a segurança de uso, proteção contra incêndio, salas limpas, ruído e cor são alguns dos itens mais analisados. Existem Normas nacionais e internacionais que regem esses cuidados. Nas indústrias há necessidade de requerimentos de instalações especiais em função da produção ali executada e das condições ambientais para os operários.

8.1. Ar condicionado e SALAS Limpas

O condicionamento do ar está entre os principais requerimentos. Não vale somente para a manutenção de uma temperatura adequada para os trabalhadores e maquinários como para a manutenção do nível de umidade dos ambientes, (muitas vezes dentro de limites bastante rigorosos), controle da pressão do ar interna dos ambientes de produção (podem ser negativas ou positivas em relação ao meio externo), grau de pureza do ar, definição das correntes de ar em sua velocidade e direção e impedimento de correntes de ar indesejáveis entre distintos ambientes da fábrica (aplica-se principalmente no caso das salas limpas, termo que será aprofundado adiante).

É importante ressaltar que o condicionamento do ar por meio de um sistema de ar condicionado otimizado ao máximo possível está entre os três principais fatores na busca de conceito de edifício sustentável através de certificações como por exemplo o LEED, dentro de uma das duas aproximações propostas pelo sistema (neste caso contemplando a construção do edifício), anteriormente apresentado. Os outros dois pontos principais são a utilização nos edifícios de materiais com alto teor de componentes reciclados e a minimização de produção de entulho durante a construção.

As salas limpas, exigidas em algumas atividades industriais, são áreas de trabalho onde a qualidade do ar, a temperatura e a umidade estão rigorosamente reguladas para proteger o ambiente de possíveis contaminações, de ordem sólida, líquida, gasosa ou organismos aéreos vivos (como por exemplo, vírus, bactérias, esporos ou pólen). Dentro destes ambientes são manufaturados produtos sensíveis, sendo os mais comuns a fabricação de equipamentos eletrônicos e informáticos e produtos farmacêuticos,

principalmente do tipo injetável (exigem maior qualidade ambiental que os produtos tópicos, aplicados sobre a pele, ou de uso oral), porém, a origem histórica destes ambientes nasceu nos hospitais, nas salas de cirurgia, quando se perceberam os inconvenientes da infecção bacteriana, tendo Pasteur como um dos pioneiros deste campo. No final do século XIX, já se aplicavam detergentes e anti-sépticos nos instrumentos e no ar da sala, porém, o grande salto de qualidade destes ambientes nasce com o controle do ar e a pressão positiva e uso do ar exterior.

Os contaminantes são, na maioria dos casos, gerados pelas pessoas, pelo processo em si, pelos ambientes construídos e pelo equipamento utilizado. No caso de edifícios pré-fabricados, eventualmente, nessas áreas são realizadas alvenarias e pisos monolíticos moldados “in loco”, de modo a evitar a permeabilidade dos sistemas pré. Deve-se procurar eliminar todas as fontes de partículas, no entanto, fica claro que tais partículas devem ser continuamente removidas do ar, com o uso de equipamentos específicos, já que serão, por exemplo, ambientes necessariamente habitados pelo homem. Qualquer um destes elementos pode ser o causador da quebra de um circuito produtivo, e se tratado de forma incompleta, pode ser difícil ser posteriormente identificado. A indústria de micro-eletrônica é a mais exigente, visto que seu produto tende a aproximar-se do tamanho destas minúsculas partículas. O ar destes ambientes é filtrado inúmeras vezes e continuamente, em corrente de fluxo não unidirecional/convencional ou direcional ou laminar, sendo a última projetada para evitar o carregamento de maior quantidade de partículas indesejáveis, considerada sala ultra-limpa (fluxo horizontal ou vertical com velocidades mais comuns de 0,3 a 0,45m/s). O menos popular é o horizontal devido ao fato que durante as limpezas (varredura) as partículas ainda são arrastadas contaminando todo resto do processo, enquanto que o de fluxo vertical as partículas rapidamente são retiradas do ambiente. O movimento turbulento do ar causa a movimentação indesejada de partículas. Existe ainda o sistema misto, o mais comum, onde as áreas críticas são tratadas independentemente para forçar um fluxo laminar adequado. A seleção adequada dos filtros e outros tipos de equipamentos de purificação do ar garantirão o grau de limpeza do ar. Os filtros mais eficientes utilizados em Salas Limpas são o HEPA (“High Efficiency Particulate Air”) e o ULPA (“Ultra Low Particulate Air”), que, respectivamente removem 99,97% de partículas menores até que 0,3 microns e 99,998%, são os chamados filtros absolutos. Além destes filtros, que provém o efetivo controle da contaminação nas salas limpas, há a presença de outras cadeias de filtros para o ar e para líquidos.

Os seres humanos são as maiores fontes de contaminação das salas limpas, devem vestir roupas especiais, e devem passar por ante-câmaras dotadas de equipamentos que impeçam a entrada de contaminantes. O corpo humano apresenta-se em constante estado de regeneração da pele, cabelo, unhas, transpiração, oleosidade, dentre outros. As pessoas devem estar

preparadas não apenas física, mas, psicologicamente, pois, sabemos que uma maior movimentação produz um alto número de partículas. Uma pessoa de pé ou sentada sem movimentação gera uma quantidade de 100.000 partículas por minuto maiores ou iguais a 0,3 microns; esse número passa para 10.000.000 se estiver andando a aproximadamente 7 km/h. Lembremos que este é o tamanho das partículas filtradas pelos sistemas HEPA e ULPA. Alguns tipos de ambientes exigem que as pessoas não estejam usando cosméticos, pois estes contém substâncias como sódio, magnésio, silício, cálcio, potássio ou ferro. Existem manufaturas que devem ser investigadas antes da elaboração das salas. Os micro-circuitos, por exemplo, são danificados pela descarga de eletricidade estática que forma-se simplesmente pelo atrito de duas superfícies rugosas, pelo simples movimento do ar, ou pelo atrito causado pelo andar das pessoas. É importante que o pessoal que fará a limpeza programada, seja treinado como os operários.

Determina-se, por meio de diversos tipos de controle, a concentração de partículas transportadas pelo ar. Para isso, estabeleceram-se normas específicas em relação à quantidade de partículas limite por volume de ar para os diferentes tipos de produção. Para realização do presente artigo serão levadas em conta as normas “Federal Standard 209 E” dos Estados Unidos, ISO 14644.1/2, ISO 14698.1/2/3(International Standard Organisation), NBR 13700 (Normas de Salas Limpas), NBR-13413(1995), RDC-210 (04/08/2003) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. O grau de limpeza do ar apresenta-se como conceito relativo, pois, o ar adequado para uma produção específica pode ser considerado contaminado para outra. Assim sendo, o termo Sala Limpa, refere-se, de forma concreta, a um ambiente com controle de partículas no ar dentro de recomendações das Normas existentes, de acordo com a produção a ser realizada no ambiente. A “Federal Standard 209” classifica as salas como Classe 10.000, onde não devem existir mais de 10.000 partículas maiores do que 0.5 microns por pé cúbico de ar. Respectivamente, as Classes 1000 e 100, não podem conter mais do que 1000 e 100 partículas por pé cúbico. A produção de discos rígidos requer um ambiente Classe 100. Notamos claramente a diferença da Sala Limpa a uma atmosfera comum comparando-as a típicos edifícios de escritório que possuem de 50.000 a 1.000.000 de partículas iguais ou maiores que 0.5 microns em cada pé cúbico. Interessante que o cabelo humano possui diâmetro de 75-100 microns, ou seja, cerca de 200 vezes maior em diâmetro do que o tamanho a de controle das partículas. As partículas de 0,1 a 1 micron possuem velocidade de deposição que pode ser calculada, são pequenas e normalmente desprezíveis, e a corrente de ar tende a neutralizar a tendência à deposição. Já as partículas de 1 a 10 microns caem com velocidade apreciável e constante, sendo que as correntes de ar normais tendem a mantê-las em suspensão por um considerável período de tempo.

Classificação Federal Standard 209	1	10	100	1.000	10.000	100.000
No. De partículas por pé cúbico ³ 0,5mm.	1	10	100	1.000	10.000	100.000

FEDERAL STANDARD 209

Classe 1	estas salas são somente usada para manufatura de circuitos integrados com desenvolvimento de geometrias sub-mícron.
Classe 10	salas usadas para manufatura de semicondutores produzidos em larga escala, circuitos integrados com linhas menores que 2 micras.
Classe 100	Usado quando se deseja ambientes livres de partículas e bactérias é requerida na manufatura de produtos médicos injetáveis. Requerido para operações de implantes ou transplantes cirúrgicos. Fabricação de circuitos integrados. Isolamento de pacientes imunodeprimidos e pacientes com operações ortopédicas.
Classe 1000	Fabricação de equipamento de alta qualidade. Montagem e teste de giroscópios de precisão. Montagem de mancais miniaturizados
Classe 10.000	Montagem de equipamentos hidráulicos e pneumáticos de precisão, válvulas servo-controladas, dispositivos de relógios de precisão, engrenamento de alto grau.
Classe 100.000	Trabalho ópticos em geral, montagem de componentes eletroeletrônicos, montagem hidráulica e pneumática.

ISO 14644-1	US. FED STD 209D	US. FED STD 209E
Classe 1		
Classe 2		
Classe 3	1	M1.5
Classe 4	10	M2.5
Classe 5	100	M3.5
Classe 6	1.000	M4.5
Classe 7	10.000	M5.5
Classe 8	100.000	M6.5
Classe 9		

A única forma de controlar a contaminação da produção é por meio do controle de todo o ambiente produtivo. Assim, a arquitetura demonstra o seu papel. Existem, hoje em dia, inúmeras empresas que criaram sistemas construtivos pré-fabricados patenteados para montagem deste tipo de salas controladas. Os sistemas, por serem bastante flexíveis, devem ser executados mediante a orientação de um profissional habilitado, mais precisamente um arquiteto, preocupado com as questões dos fluxos funcionais e produtivos, flexibilidade da planta de produção e possibilidades de rearranjo, estética e qualidade ambiental para os trabalhadores. A vantagem do uso de tais sistemas é que possuem execução rápida e possuem todos os seus componentes previamente elaborados até a exaustão. Todos os elementos devem possuir características de desempenho adequadas, previamente ensaiadas; por exemplo, desde os principais componentes das paredes até o tipo de pintura utilizado, que não deve ser favorável ao desenvolvimento bacteriano. Ainda tomando como exemplo a pintura, esta deve também suportar freqüentes limpezas com água e detergentes apropriados. O mobiliário deve ser cautelosamente planejado, evitando-se ao máximo peças que possam desprender-se, e com o uso de materiais inertes como é o caso do aço inox, que é resistente à oxidação. Os equipamentos, na maioria dos casos, são construídos em aço inox, alumínio, aço carbono e titânio.

O mais importante, no entanto, é que as regras estritas sejam seguidas durante a manufatura para prevenir a contaminação dos produtos e que os processos sejam seguidos por controles permanentes e relatórios de procedimentos. Uma vez que a sala é construída, deve ser mantida e limpa mediante os mesmos padrões elevados. Uma limpeza incorreta da Sala pode, indesejadamente, levar para dentro do ambiente muitos contaminantes. É necessário haver um estudo e programação da limpeza, tomando-se em conta o padrão de qualidade e as substâncias existentes nos equipamentos e produtos utilizados.

Existem, hoje em dia, no mercado, muitos sistemas construtivos prontos no mercado para a instalação deste tipo de sala. Na maioria dos casos baseiam-se em painéis lisos modulados que podem ser simples ou compostos fixados mediante perfis de acabamento e fixação geralmente em alumínio. Na maior parte dos casos não são estruturais, suportando apenas o peso próprio, ou seja, devem ser instalados dentro de uma supra estrutura.

Na Indústria de Penicilina de Olavo Fontoura, da década de 50, com projeto de Lucjan Korngold, já existia a preocupação em relação às salas limpas. “A disposição das salas foi estudada de tal maneira que as instalações mais simples de tratamento de ar ficassem na periferia do laboratório. As salas já de certa importância foram localizadas mais para o centro e finalmente as salas com condições muito rigorosas não possuem contato direto com nenhuma das primeiras”. (KORNGOLD , p.21)

“Pressão estática do ar, pressão relativa de um ambiente para outro e deste para um terceiro. Este último ponto é importante, pois, certos recintos correm o risco de contaminação, sendo que outros de umidade baixa podem sofrer infiltração de umidade. Outros ainda correm o risco de explosão devido aos gases que ali são manipulados.” (KORNGOLD, p.21).

A Fábrica Inmos, projeto do Arquiteto Richard Rogers, finalizada em 1982, e já citada no primeiro capítulo e no sub-capítulo sobre a forma da edificação industrial, é um interessante exemplo de Sala Limpa. A interessante solução formal que valoriza os aspectos construtivos da arquitetura metálica e permite que todas as treliças, tirantes, dutos e equipamentos diversos sejam vistos e facilmente acessados pelo exterior. As salas resultantes são prismas muito simples e com presença de nenhum pilar interno e vão no sentido transversal de 40 metros, o que resulta na facilidade de resolução dos detalhes de juntas entre elementos e materiais.

Figura 107 - Fábrica Inmos, Sala Limpa.

Fonte: www.richardrogers.com Acesso 19.02.09 às 19:33:50h.

Os módulos dispostos longitudinalmente tem 8 metros cada e na primeira fase deste edifício 20 deles foram executados. Este caráter “maquinista” permite extrema flexibilidade uma vez que as instalações externas podem ser modificadas sem alterar o conceito formal do edifício. O sucesso do sistema estrutural e de infraestrutura culminou no desenho dos laboratórios do Centro Tecnológico PA (PATcentre), nos Estados Unidos, finalizado em 1985. Apesar da semelhança, existem grandes diferenças estruturais, uma vez que o vão transversal dos dois blocos dispostos ao lado do eixo vertebral possuem 26 metros cada um.

Figura 108 - Fábrica Inmos, Perspectiva seccionada.

Fonte: www.richardrogers.com Acesso 19.02.09 às 19:30:20h.

8.2. SuprimentoS e DiStribuição

Os requerimentos de suprimentos e distribuição resultam diretamente dos requerimentos de produção, podendo existir ou não, dependendo da atividade a ser desenvolvida. Exigem, muitas vezes, construções específicas para albergar maquinário, em alguns casos, dispostas distantes das edificações principais da fábrica para limitar o risco da propagação de incêndios, contaminação do ar, dentre outros.

Os primeiros elementos a serem considerados são o suprimento de água e de eletricidade. No caso da água, deve-se considerar diversos tipos de situações, que podem significar redes de instalações independentes, dentre elas: água relacionada à produção, água para consumo das pessoas, água para viabilização de processos, água purificada e tratada para atividades específicas, água fervente (vapor, implica na construção de caldeiras que podem ser basicamente elétricas ou a gás), água fria, água para limpeza de equipamentos, água para limpeza da edificação. É muito comum, também, o uso de instalações de ar comprimido ou vácuo e diversos tipos de gases.

No caso da eletricidade, deve-se levar em conta o suprimento proveniente da rede elétrica instalada do distrito industrial, a energia elétrica de emergência (por meio do uso de geradores, por exemplo), ou até mesmo, em casos de grande porte e muito específicos, a geração própria por meio de barragens particulares.

8.3. Fontes Al ternAtivAs de energia

A energia é fundamental para que possam ocorrer os processos industriais. No entanto, a grande variedade de tipos de produções requerem diferentes tipos de energia, dentre elas, a energia elétrica ou a energia térmica. Podem ser obtidas através de processos renováveis que vêm sendo aprimorados nos últimos anos. Algumas indústrias investem no uso de energias renováveis geralmente em

função de necessidades financeiras e segurança de fornecimento contínuo. Esses sistemas influenciarão diretamente o edifício ou complexo industrial.

Esses sistemas apresentam ainda o atrativo de gerarem impactos positivos para a sociedade e meio-ambiente, uma vez que utilizam-se de recursos renováveis, possuem longa vida útil e são construídos com aparelhos que podem ser recicláveis. A escolha do sistema ideal deverá fazer parte de um planejamento integrado com a concepção do edifício, e não mais, tratado como simplesmente a adequação básica à entrada de energia elétrica por uma rede estabelecida. Em geral, o custo de implantação desses sistemas é superior, em primeiro momento, aos sistemas de energia elétrica tradicionais.

Figura 109 - Dispersão da Energia Solar
Fonte: Centre de la technologie de l'énergie de CANMET, Canada.

ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA A INDÚSTRIA

1. **Energia da decomposição de resíduos municipais orgânicos** Estima-se que o lixo municipal seja composto por **66%** de matéria orgânica (madeiras, alimentos, papéis não recicláveis, etc.). Esta matéria decomposta produz gases, principalmente, metano e dióxido de carbono. O gás metano pode ser utilizado na geração de eletricidade. É utilizado também, para a geração de energia térmica e em veículos.
 2. **Etanol** É um álcool que pode ser usado como combustível. É produzido através da fermentação de açúcares obtidos através da cana-de-açúcar, ou de grãos como milho e trigo, primordialmente. Alguns países utilizam-se do etanol para combustível de veículos, sendo que em alguns casos este aparece em uma mistura com a gasolina, em maior proporção.
 3. **Usinas Hidroelétricas** Gera energia elétrica através do movimento da água. Tanto nas pequenas como nas grandes usinas encontram-se turbinas e geradores que convertem a energia da queda d'água em eletricidade. Algumas indústrias possuem licença no Brasil para o estabelecimento de hidrelétricas próprias.
 4. **Fotovoltaica (Energia Elétrica Solar)** Converte a luz do sol em eletricidade. O sistema é composto geralmente por painéis de silício conectados a switches, medidores e baterias. E, geral se utiliza este sistema em áreas remotas, equipamentos de telecomunicação, bombas de água em fazendas e navegação. Possui custos altos e gera pouca eletricidade, na maior parte dos casos não é economicamente viável. Pode ser utilizado em veículos de indústrias extrativas.
 5. **Aquecimento solar da água** Utiliza-se da energia do sol para aquecer a água que percorre um circuito fechado. Gera água quente para o uso humano, principalmente. Pode ser incrementada com outros tipos de aquecimento de água. No caso industrial, pode ser utilizada em instalações sanitárias. No hemisfério sul, os captadores solares devem estar voltados para o Norte.
 6. **Energia de ondas marítimas** São pouco usuais. Geram energia através da movimentação da água, neste caso ondas, que são geradas pela energia transferida do vento para o mar. Apesar da vasta orla costeira, o Brasil não possui este tipo de usina.
 7. **Energia de marés** Funciona através do movimento da água assim como as usinas hidrelétricas e as usinas de ondas.
 8. **Turbinas eólicas** São utilizadas para geração de energia elétrica. As torres de grandes turbinas variam entre **60** e **100** metros de altura, com diâmetro das hélices de **30** a **60** metros. Este equipamento pode pesar mais de **150** toneladas. Em geral, são implantadas em áreas costeiras onde as brisas e ventos são constantes.
 9. **Dejetos vegetais** Pode ser usado para a geração de energia elétrica ou energia térmica.
 10. **Energia Geotérmica** O aquecimento da temperatura do ar tem relação direta com o Sol. Sendo assim, a temperatura abaixo do solo se mantém baixa durante todo o ano, podendo variar, dependendo da profundidade e local de **10** a **12** graus Celsius. No Brasil, o solo terá, em geral, temperatura mais baixa do que o ar exterior. Isso pode ser utilizado através de um sistema de canais de ar ou de água subterrânea que podem ser bombeados para o interior dos edifícios, funcionando como uma espécie de ar condicionado de baixo consumo de energia elétrica. No Brasil, existem regiões que possuem fontes térmicas de água quente naturais.

Em contrapartida aos sistemas convencionais de aquecimento e resfriamento, os sistemas geotérmicos exigem trabalhos exteriores vultuosos para a sua instalação.
-

9.1. Iluminação, Cor e Comunicação Visual no Edifício industrial

Assim como, a principal constante sobre o projeto de edifícios industriais, que é o fato de não existir uma solução básica ideal para todos os casos, está o problema da cor. Uma solução adequada dependerá de um bom planejamento, não só da cartela de cores a ser utilizada, como também, da consideração do entorno, método de manufatura, tipo de máquinas. Depende, ao mesmo tempo de boa iluminação, correto planejamento, e graduação de contrastes de cor e luz. Existem casos em que o desconforto do ambiente industrial era causado por reflexões especulares e não pela cor utilizada. “Luz e cor, por sua vez, podem ser considerados gêmeos siameses”. (ARCHITECTURAL RECORD)

A localização dos edifícios no terreno deve ser pensada de modo a propiciar o máximo de luz natural a todos os ambientes de trabalho e sem permitir a entrada de Sol direto.

Figura 110 - Curvas de nível de iluminação interna. Fonte: BRUNA, XXXXX. Redesenho.

Os cortes A, B e C apresentam três soluções de coberturas com iluminação zenital e a curva de luminância resultante. As coberturas, para cada fim de atividade deverão ser analisadas sob o aspecto de luz proporcionada e sombras.

No caso da Iluminação Artificial, deverão ser observados alguns itens principais:

ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

1. Definição de áreas a serem iluminadas	<ul style="list-style-type: none"> - fachadas - vias de acesso - áreas públicas - interiores - produção - estoques
2. Definição de critérios de iluminação	<ul style="list-style-type: none"> - para cada uma das áreas estabelecidas
3. Escolha de lâmpadas	<ul style="list-style-type: none"> - reprodução adequada das cores - nível de iluminância - durabilidade
4. Escolha de Luminárias	<ul style="list-style-type: none"> - abertura do fecho - acabamento - proteções ou blindagens (a ser observado principalmente nas áreas de produção e salas limpas)
5. Posicionar Fontes	<ul style="list-style-type: none"> - posição, fixação e ângulo de montagem - facilidade de manutenção (a ser observado principalmente nas áreas produtivas, levando-se em consideração elementos como o pé-direito dos ambientes)

Fonte: ALUCCI (1998, p.5), adaptado e ampliado pelo autor.

NBR 5413 – ILUMINÂNCIA DE INTERIORES

TABELA I – Iluminância por classe de tarefas visuais:

Classe	Iluminância (Lux)	Tipo de Atividade
	20 – 30 - 50	Área pública com arredores escuros.
	50 – 75 - 100	Orientação simples para permanência curta.
A Iluminação geral para áreas usadas intermittentemente ou com tarefas visuais simples.	100 – 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo, depósitos.
	200 – 300 – 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditório.
	1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
B Iluminação geral para área de trabalho.	1000 – 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
	2000 – 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis.	5000 – 7500 – 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de micro-eletrônica.
	10000 – 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia.

O uso adequado das cores proporciona resultados desejáveis e é elemento essencial em plantas de manufatura onde a acuidade visual é requerida, pois, a cor, nestes casos, funciona como um auxílio à visão.

Até o século XIX não era aparente a necessidade da cor na Arquitetura Industrial e era vista como inútil ou mal uso de recursos financeiros. A legislação inglesa da época pedia que as indústrias “lavassem” as paredes de branco, como uma forma de aumentar a reflexibilidade das paredes e, portanto, realçar a iluminação natural.

Figura 111 - Exemplo de Carta Solar para Estudo da Insolação, Brasmotor, Charles Bosworth, São Bernardo do Campo. Fonte: Revista Acrópole 205, 1955.

Figura 112 - Petersschule, Hannes Meyer e Hans Wittwer, Basileia, Suíça.

Este projeto de 1928 é emblemático pois, apresenta uma das primeiras pesquisas a respeito de iluminação de edifícios da Era Moderna. Os arquitetos chegaram ao extremo de colocar as seções de distribuição luminica na prancha do projeto.

Fonte: http://www.tu-cottbus.de/theo/D_A_T_A/Architektur/20.Jhdt/MeyerHannes/SchriftenDerZwanzigerJahre/DiePetersschuleBasel/PetersschuleBasel7_2.gif
Acesso dia 25.01.2009 às 18:41:30h.

Com o passar dos anos percebeu-se a necessidade de uma correta especificação das cores, até mesmo de forma a utilizá-las como códigos para os tipos de instalações, algumas cores de tubulações industriais e de Laboratórios são padronizadas de forma Universal.

Os novos conceitos de tratamento sociotécnico das áreas de produção atenta para o cuidado no uso das cores. Segue uma descrição revisada apresentada na Revista Architectural Review. A visão é mais importante para o bem-estar do ser humano do que qualquer outro dos cinco sentidos. Os olhos são responsáveis por 75 – 90% da realização das atividades humanas e 87% de todas as impressões sensoriais são recebidas por meio deste órgão. Condições que prejudicam a visão podem afetar todo o organismo humano causando dores de cabeça, fraqueza, náuseas e indigestões. Até

mesmo a frequência cardíaca permanece dentro de valores mais normais quando o indivíduo apresenta-se sob boas condições visuais.

Os olhos não vêem cor em seu campo de visão com um valor fixo, mas modificados pela simultaneidade da percepção de cores adjacentes, o que chama-se Contraste Simultâneo. A cor pode ser modificada no seu matiz, tom, brilho e intensidade. Como matiz, cada cor tenderá a dar um toque de sua cor complementar sobre a cor adjacente. Como brilho: cores escuras farão com que suas cores adjacentes pareçam mais claras e vice-versa. Como intensidade: cores forte enfraquecerão as cores adjacentes. Possivelmente este fenômeno de visão é o que é mais percebido na prática arquitetônica. Materiais que deverão ser colocados contigualmente em edifícios são freqüentemente escolhidos de forma separada, sem a preocupação com a sua interação, às vezes chegando-se a resultados finais surpreendentes.

Figura 113 - Contraste Simultâneo. Fonte: Architectural Review XX.

Nos edifícios industriais, as preocupações neste sentido são evidenciadas. Por meio do planejamento das cores, enfatiza-se o trabalho nas mãos, separando-se as máquinas do seu fundo e o esquema geral de cores promove um efeito psicológico sobre os trabalhadores. Por exemplo, um fundo queimado de pouca reflexão irá reforçar o geralmente azulado matiz de peças metálicas e acentuar sua forma para uma mais rápida compreensão, enquanto que, objetos de cobre ou bronze, geralmente próximos do laranja em matiz, serão mais facilmente vistos contra um cinza verde azulado. Colunas e máquinas em verde médio revelarão seus contornos, se isto for desejado, contra um fundo em um cinza rosado claro. Nas paredes, pinturas cinzas pálidas, para não perder sua refletância, deverão vir ao lado de bandas coloridas, colunas, ou qualquer coisa, em matizes complementares apenas um pouco mais ricos.

Os olhos fatigam-se rapidamente de qualquer cor sobre a qual são focados e tendem a “recordá-la”, imediatamente depois, a cor complementar da cor focada. Caso alguém foque intencionalmente em uma mancha laranja e imediatamente após, olhe um papel branco, verá uma imagem posterior (“after-image”) em um azul pálido. Deste fenômeno de visão podem resultar três efeitos distintos: a segunda

Figura 114 - Mapa de Cores. Fonte: Wikipedia.

cor vista poderá ser acentuada pela imagem posterior deixada pela primeira cor (como vermelho visto depois do verde), poderá ser enfraquecida (como rosa visto depois do vermelho) ou poderá ser influenciada em direção de uma cor diferente, mas não necessariamente desagradável (como o amarelo visto após a cor laranja).

O fato de cirurgiões utilizarem roupas em um verde acinzentado faz com que a cor do sangue não apresente um vermelho vivo fresco, mas sim, um tom vermelho escuro púrpura, o que alivia a impressão do trabalho por tornar uma cor artificial. Existe outro caso clássico, relacionado à arquitetura hospitalar, quando foram pintados os quartos da enfermaria em tom amarelo vivo, o que, por reflexão das cores, levava os médicos a diagnosticar doenças equivocadas em muitos pacientes pela coloração da pele aparentemente amarelada.

Todos já perceberam que cores que contém uma predominância de vermelho sentem-se quentes e cores com muito azul, frias; e que o primeiro parece mais próximo e o segundo mais distante do que a distância real em relação aos olhos. Vermelhos-laranja em forte intensidade avançam mais, e azul em leve brilho e fraca intensidade retrocedem o máximo. Talvez, poucas pessoas apenas tenham percebido que apenas o amarelo e o roxo aparentam manter a posição real no espaço. Este fenômeno permanece verdadeiro, não apenas em cores puras, mas também, nas relações delicadas em matizes, sombras e tonalidades. Por exemplo, um quarto longo e estreito pode parecer menos alongado pintando-se a parede

da extremidade oposta no lado maior em um tom escuro de uma cor que avança, como um laranja queimado ou um marrom. Pelo outro lado, salas pequenas podem parecer maiores, e fazer com que as pessoas não se sintam aglomeradas, se utilizarmos um matiz claro de uma cor fria – turquesa pálido, aquamarina, verde e folhagens – nas paredes e talvez até mesmo no teto. Mais do que isso, ilusões de temperaturas baixas e altas podem ser criadas da mesma forma.

Além do fenômeno visual descrito acima, o arquiteto deve atentar a certas associações psicológicas das cores que não são visuais, mas, mentais. Em hospitais, o uso terapêutico da cor é procedimento padrão, e os mesmos princípios que ajudam a cura das pessoas doentes pode ser utilizado para influenciar a saúde dos operários. Movendo-se pelo espectro percebemos que o amarelo, a cor da luz do Sol, traz alegria; verde tem pouco efeito sobre as emoções humanas; azul é definitivamente relaxante; roxo é depressivo; vermelho excita um comportamento corajoso; e laranja é o mais forte estimulante de todas as cores. Variações em brilho e intensidade, fornecem material para induzir qualquer reação psicológica desejada.

Neste sentido é interessante dizer que o número de cores existentes tende ao infinito. No entanto, o ser humano é capaz de identificar aproximadamente 150 cores sob o espectro da luz do sol. Essas 150 cores são multiplicadas por 10 variações de valor em matiz e por 10 variações de intensidade em cada valor, o que figura 15.000 cores possíveis de se alcançar visualmente. No entanto, na prática, um total de 1.000 cores é provavelmente o máximo que pode requerer um arquiteto para se alcançar algum efeito. Neste ponto, apesar de anteriormente ter descartado a discussão sobre a iluminação, é interessante dizer que o planejamento da cor deve estar relacionado ao índice de reprodução de cor da lâmpada quando utilizarmos iluminação artificial. As lâmpadas incandescentes, menos econômicas possuem um índice de reprodução de cor de 100%. Existem, hoje em dia, diversos sistemas de cores para garantir a fidelidade das cores escolhidas, dentre os mais conhecidos está o PANTONE.

No caso industrial, o arquiteto é o responsável pela escolha das cores das paredes, tetos e pisos. Um pouco de teoria é necessária para a adequada especificação de cor, referências devem ser realizadas em relação à mecânica da visão, do homem que trabalha nas máquinas, por meio do homem nas redondezas para as superfícies mais distantes.

A primeira consideração é o conforto visual do trabalho na máquina. Os princípios básicos são: (1) contrastes de brilho devem ser maiores nos limites do trabalho na mão, (2) contrastes de brilho devem ser menores entre os trabalhos manuais e o fundo, (3) não devem ser permitidas outras relações de contraste que interfiram nas duas primeiras demonstradas. Em outros termos, a iluminação brilhante sobre o objeto de trabalho é essencial, um pouco menor em relação ao fundo sobre o qual o objeto é visto e sucessivos menores contrastes em relação ao piso, paredes e outras superfícies. Sendo dependentes a cor e a iluminação, a cor contribui para realçar o efeito de brilho de contraste, apesar da iluminação ser o fator predominante. É o claro-escuro das cores que promove ou não o correto estabelecimento do contraste nos brilhos. Para uma prolongada concentração visual a proporção de brilho entre a tarefa e os arredores deve ser de 5 para 1, proporções maiores que 10 para 1 devem ser evitadas quando possível e proporções na região de 100 para 1 não devem ser contempladas.

O piso que é freqüentemente vislumbrado abaixo da área de trabalho da máquina deve ser obviamente suave em brilho para minimizar o contraste. O fato de menos luz recair sobre o piso do que sobre as máquinas permite a especificação de cores mais leves daquelas que normalmente são pensadas como apropriadas e essas cores encorajarão uma melhor manutenção da limpeza do ambiente. A cor do piso deverá se aproximar do neutro como ajuda à manutenção, e com um denominador comum entre as outras cores.

A radiação solar é a energia gerada pelo sol por meio das reações de fusão nuclear. Essa energia afeta todos os objetos e seres vivos ao ar livre durante o dia, desde que o Sol desponta no horizonte até o ocaso. A incidência da radiação aquece a temperatura do ar e de todas as coisas, podendo tornar-se inconveniente em climas quentes e essencial em climas mais frios. As coberturas dos edifícios industriais, por se tratarem de grandes planos, em sua maioria, devem ser cuidadosamente estudadas em relação à cor para que tenham um correto comportamento em relação à radiação solar e características de manutenção. Pintadas de cores claras, as telhas metálicas aumentam o poder de reflexão dos raios solares incidentes e reduzem a temperatura dos ambientes onde são utilizadas. Esta solução é utilizada por Lelé, nos hospitais. Por outro lado, telhas de cor escura podem reter o calor.

9.2. Conforto ACústico

Assim como o uso da cor adequada no ambiente industrial pode incrementar a sua eficiência, a redução do ruído pode melhorar a saúde e a qualidade de vida dos trabalhadores industriais. Quando do desenho de um edifício industrial a questão do ruído deve ser considerada pelo arquiteto, e deve nascer durante os primeiros estágios do desenvolvimento do projeto. E não apenas em relação ao ruído externo que poderá atingir a edificação industrial, mas também, o ruído interno que será emanado no meio ambiente. Neste caso, ruídos de baixa frequência, exigirão componentes pesados na construção do edifício. Frequências altas deverão ser tratadas pela combinação de diferentes superfícies, porosas ou com pequenas aberturas ou cavidades. Existe uma contradição, uma vez que, convém que os recobrimentos internos sejam tão lisos quanto possível para evitar a acumulação de poeira e dificuldades na limpeza das paredes.

Em relação ao ruído ambiente, podemos relacionar como aspectos a serem observados:

ETAPAS DE PROJETO	ATIVIDADES
1. Caracterização das Condições de exposição	- Ruídos urbanos moveis: veículos, tráfego aéreo, etc.
2. Nível de Ruído externo	- Ruídos urbanos fixos: indústrias
3. Nível de Ruído que atinge o edifício	- medições
4. Identificar Nível de Ruído aceitável NBR 10152	- medições e cálculos, considerando possíveis barreiras sonoras
5. Identificar posição relativa das edificações na área	- tabela abaixo, NBR 10152
6. Determinar o isolamento necessário das fachadas	- cálculos de propagação do ruído
	- cálculos de transmissão sonora
	- isolamento exterior/interior e interior/exterior

Fonte: CREMONESI, Fernando e ALLUCI, Marcia Peinado. *Manual de Conforto Ambiental. Roteiro para a Disciplina AUT-254*. São Paulo: FAU-USP, 1998.

NÍVEIS SONOROS – NBR 10152

LOCAIS	DB (A)	NÍVEL DE CONFORTO
Laboratórios, áreas para uso do público	40 – 50	35 – 45
Serviços	45 - 55	40 - 50
Escritórios – salas de reunião	30 – 40	25 – 35
Escritórios – salas de gerência, salas de projetos e de administração	35 – 45	30 – 40
Escritórios – salas de computadores	45 – 65	40 – 60

Fonte: Extraído parcialmente da NBR 10152/1987

Alguns pontos podem ser resolvidos de maneira geral ajudando a reduzir o incômodo auditivo do maquinário industrial.

Alguns métodos de redução de ruído (SELUIANOV, 1961, p.87):

- a. Alguns fabricantes prestam atenção especial para a redução do ruído no desenho e na manufatura do maquinário. Antes que qualquer equipamento seja comprado, este problema deve ser investigado junto com o fabricante e com o engenheiro industrial.
- b. Alguns tipos de maquinário que são albergados em salas de máquinas, como exemplo, ventilação, bombas de vácuo, compressores de ar, transmitem o som através da própria estrutura do edifício. Isso pode ser consideravelmente reduzido incrementando-se a proteção sonora das janelas, portas, paredes, chãos e tetos da sala de máquinas por meio do uso de materiais acústicos. A importância da descontinuidade estrutural não deve ser relevada.
- c. Algumas máquinas como geradores e outros equipamentos elétricos podem ser cobertos individualmente, totalmente ou parcialmente, por proteções sonoras.
- d. Uma considerável quantidade de máquinas causa ruído por meio da vibração. Essa vibração pode inclusive causar danos estruturais ao edifício. Tal maquinário pode ser usualmente isolado pela fixação sobre uma base elástica; alternativas como insufladores de ar especialmente desenhados, isolamento em placas de borracha, feltro ou cortiça e coxins especiais, podem ser usados de acordo com o maquinário a ser tratado e a natureza das vibrações e a construção do edifício.
- e. O uso de um absorvente sonoro adequado como revestimento de paredes e tetos de um local ruidoso reduzirá o som reverberante. Materiais como placas acústicas, painéis de parede, fibra de vidro, placas de madeira vazadas, asbestos jateados e muitos outros estão à disposição.

a. Conforto térmico

As edificações industriais, em geral, apresentam grandes fachadas e coberturas. Estes dois elementos são uma fonte de calor ao edifício, devido à radiação solar incidente durante o dia (em períodos quentes) e elementos de perda de calor (para períodos frios). Existem métodos que convém observar para a identificação da “geometria ótima” da edificação, para melhorar as condições de conforto térmico no interior dos edifícios, minimizando o uso de equipamentos de condicionamento de ar.

O Brasil apresenta vantagens por ter um clima tropical-temperado. As legislações não costumam especificar níveis de isolamento térmico, por exemplo, e, além disso, na maior parte dos casos, estratégias passivas⁴⁶ podem conduzir a bons resultados de conforto ambiental nos edifícios.

⁴⁶ Entenda-se por estratégias passivas como soluções arquitetônicas não mecanizadas que buscam garantir o conforto térmico, acústico e de iluminação dos ambientes construídos, por exemplo, a utilização de “brises soleil” projetados de forma adequada a impedir a penetração de luz solar direta nas edificações nos horários mais quentes do dia. Alguns países, como é o caso de Liechtenstein possuem legislação que, em função do inverno rigoroso, não possibilitam vedações externas que tenham espessura menor de 30 cm.

DETALHES ARQUITETÔNICOS POR AMBIENTE

1. Pisos	1.1. Tipo de material	
	1.2. Acabamento	
2. Revestimento	2.1. Tipo de material	
	2.2. Acabamento	
3. Parede	3.1. Tipo de material	-divisórias simples
	3.2. Acabamento	
4. Teto	4.1. Tipo de material	
	4.2. Acabamento	
5. Portas	5.1. Tipo, no., Dimensões	- comum (abertura direita ou esquerda), tipo de batente - incêndio -vai-vem -pivotante -portas corta-fogo
	5.2. Material	- madeira, pvc, poliéster, madeira revestida, aço, inox, dentre outros
	5.3. Acabamento	- com protetor de impacto, pintura, laminado melaminico, pvc, verniz, dentre outros
	5.4. Ferragens	- fechaduras, dobradiças, etc.
	5.5. Fecho com chave	Sim ou não
	5.6. Visor	Sim ou não
	6.1. Tipo, no., dimensões	
	6.2. Material	
6. Janelas	6.3. Acabamento	
	6.4. Material	- vidro, policarbonato, acrílico, dentre outros.
	translúcido, tipo	-simples ou duplo
	6.5. Abertura	-abre ou fixo, de correr.
	6.6. Soleira	
	6.7. Perfil	
	6.8. Proteção Solar	- persianas internas, brises externos ao edifício

MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL POR AMBIENTE

1. Classe do ambiente	1.1. Limpo
	1.2. Semi-limpo
	1.3. Casual
2. Ocupação humana	2.1. Normal
	2.2. Máximo
3. Sistema de Ar condicionado	
4. Sistema de Ventilação/Exaustão	
5. Filtragem e ar	5.1. Filtro Simples
	5.2. HEPA

	5.3. ULPA	
6. Iluminação e ventilação naturais		
7. Temperatura	7.1. Em graus Celsius	
	7.2. Acessórios	- cortinas de ar sobre as portas, etc.
8. Umidade Relativa (%)		
9. Pressão interna		
10. Renovação do ar	10.1. Vezes/hora	
	10.2. Graus Celsius	
11. Controle Operacional (%)	11.1. Dia	
	11.2. Noite	

EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS POR AMBIENTE INDUSTRIAL

1. Nível de Iluminância		
2. Tipo de Luminárias	2.1. Blindadas	-sim ou não
3. Tipo de lâmpadas	3.1. Fluorescentes	- tubulares ou compactas
	3.2. Incandescentes	
	3.3. Led	
	3.4. Halógenas	
4. Iluminação de Emergência		
5. Interruptores	5.1. Tipos de interruptores	-sim ou não
	5.2. Embutido ou Aparente	
6. Dutos elétricos	6.1. Aparentes	
	6.2. Embutidos	
7. Conexões / Tomadas		- sim ou não
8. Telefone		
9. Relógio de Ponto		
10. Sistemas de Lógica		
11. Sistema de Segurança	11.1. Audiovisual	
	11.2. Portas com fechamento sincronizado	
12. Exterminador de insetos		

EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA POR AMBIENTE INDUSTRIAL

1. Sprinkler	1.1. Tipo	
	1.2. Abrangência	
2. Detector de Fumaça		
3. Detector de Temperatura		

-
4. Detector de gás
 5. Ponto de alarme
 6. Hidrante
 7. Extintor de incêndio
-

UTILIDADES POR AMBIENTE INDUSTRIAL

1. Suprimento de Água	1.1. Água
1.2. Água potável
1.3. Água destilada
1.4. Água Industrial
1.5. Água quente
1.6. Água resfriada	
2. Drenos	2.1. No piso
2.2. Na parede	- com ou sem mecanismo de conexão rápida.
Permanentemente ligado aos equipamentos de produção.
3. Suprimento de vapor		
4. Suprimento elétrico	4.1. Interrupto
4.2. Ininterrupto	
5. Suprimento de gases		
6. Equipamentos	6.1. Equipamentos sanitários

6.2. Armários
6.3. "Pass-trough"

6.4. Fornos
6.5. Refrigeradores
6.6. Equipamentos de produção | - lavatórios, chuveiros, limpa-olhos, carros para roupas usadas, grelha no piso e mangueiras para limpeza de equipamentos móveis.
-com ou sem fluxo de ar.
- equipamentos de "pass-trough", bancos tipo "step over"

- balanças, etc. |
-

Fonte: Autor, 2008.

10. SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS PARA A INDÚSTRIA

A arquitetura de edifícios industriais é freqüentemente concomitante à construção industrializada, assim como apresentado na primeira parte deste trabalho. Nessa conexão, “Construção Industrializada” significa um elevado grau de pré-fabricação dos componentes individuais. De fato, hoje em dia já não se pode pensar em um edifício sem qualquer forma de pré-fabricação; aí estão ao menos as janelas, as portas e as instalações. O que talvez seja pouco estudado a respeito do tema é o grau de pré-fabricação ótimo para cada caso. Em alguns momentos históricos, a pré-fabricação era buscada utopicamente na totalidade do edifício, de forma a todas as peças serem apenas apoiadas sobre o terreno. No entanto, devemos considerar que o grau de pré-fabricação pode variar de cerca de 20% dos elementos a 95% dos elementos da construção. O grau de pré-fabricação será determinado, dentre outros fatores, pelo tipo de sistema a ser utilizado. De forma simplificada, podemos classificar a pré-fabricação em aberta ou fechada.

“A industrialização de componentes destinados ao mercado, e não exclusivamente às necessidades de uma só empresa, é hoje conhecida como industrialização aberta, ou de CICLO ABERTO, por oposição à fechada, que consiste em pré-fabricar elementos em função do próprio consumo, nas próprias obras. Retorna-se assim à primitiva divisão do trabalho que, sem dúvida, oferece as melhores possibilidades de especialização e conseqüentemente estandarização e produção em massa. Os elementos assim produzidos poderão ser combinados entre si numa grande variedade de modos, gerando os mais diversos edifícios e satisfazendo uma larga escala de exigências funcionais e estéticas. É também conhecida como a industrialização de catálogo, pois obriga o fabricante a estabelecer um catálogo, e possivelmente um estoque, que contenha as características dos elementos, definidos seja pelas suas qualidades físicas de resistência, insolação, peso, etc., seja pelas dimensões e tolerâncias de fabricação. A industrialização aberta não é uma idéia nova, pois já fazia parte das propostas para a habitação mínima discutida pelos arquitetos de vanguarda nos anos

cruciais do primeiro após-guerra. Nesse período constatou-se a necessidade de retomar a pesquisa arquitetônica nos seus aspectos mais simples com o objetivo de enquadrar o problema da composição com a necessária racionalidade. Assim, a casa foi subdividida em uma série de componentes elementares e o projeto numa sucessão de etapas: inicialmente, estudaram-se as partes, e, em seguida, suas combinações. As células de habitações foram agrupadas formando unidades de residência e unidades de vizinhança e a cidade foi concebida como um agregado de unidades de vizinhança reunidas em grupos segundo a hierarquia das funções.”

(BRUNA, 1976, p.60).

Por outro lado, no sistema fechado, todas as peças são produzidas para se relacionarem apenas entre si, não havendo uma busca por uma universalidade da solução. As peças individualmente não se encontram no mercado. Os elementos deverão ser adquiridos de forma global. Esse tipo de sistema pode resolver principalmente problemas específicos como escolas, habitação. No entanto, apresenta-se indesejável para soluções que exijam maior flexibilidade como é o caso das edificações industriais. Busca-se neste caso a economia de escala através da construção civil vista como desenho de objeto, concebido em todas as suas partes. Em geral estes sistemas estão protegidos por patentes pelas empresas que os desenvolvem e comercializam. Os sistemas de pré-fabricados ainda podem ser classificados segundo a dimensão das peças, sendo pesados ou leves. Na fabricação leve, as peças são de tamanho reduzido, como por exemplo, sistemas em peças de argamassa armada, ou, as portas e janelas pré-fabricadas encontradas hoje em dia em praticamente todas as obras. No caso da pré-fabricação pesada, além de grandes elementos como vigas e pilares, que necessitam o uso, por exemplo, de guindastes e gruas para serem elevados e colocados em posição de uso, existem peças que já são colocadas no local de uso com todas as suas funções e partes acessórias montadas, como é o caso das emblemáticas células habitacionais dos projetos do arquiteto japonês Kisho Kurokawa.

A pré-fabricação pressupõe o contato entre o local de produção das peças e o canteiro de obras, já que as dimensões devem ser observadas para que o transporte e montagem ocorram de forma adequada e resulte no edifício anteriormente planejado. A pré-fabricação é a forma encontrada para se inclinar a construção em

direção à industrialização. O conceito de Industrialização possui inúmeras definições, segundo BLACHÈRE (1975, p.09) nada mais é do que “a utilização de tecnologias que substituem a habilidade do artesão pelo uso da máquina”. O mesmo autor demonstra que são errôneas algumas definições comuns. É comum dizer-se que o termo industrialização é sinônimo de trabalho em fábrica e de que o trabalho em obra não pode ser industrial. Isto não é correto, pois a tecnologia para ser industrial não depende do local onde ela é aplicada. Dá o exemplo do artesão que faz o tapete à mão; se o faz em casa se considera artesanato, mas, se o faz segundo a mesma técnica dentro de uma oficina dotada de calefação e bem iluminada se considera indústria. Não é o local onde se trabalha que determina ser ou não industrialização, mas sim, a tecnologia que se emprega⁴⁸.

Outra idéia errada a respeito da industrialização é que ela não existe se não há produção em série, ou que a série faz a industrialização. Outro exemplo seria muitos trabalhadores fazendo tapetes idênticos que também não configura a industrialização. Fayeton define o termo como: “existe industrialização quando se ultrapassa o limite do erro não calculado, para chegar ao estudo sistemático das tolerâncias de elaboração e das uniões.” Assim, a mão artesanal não está mais presente no processo como elemento definidor da qualidade de um produto. No entanto, a tecnologia mecanizada está quase sempre vinculada à série, pois são necessárias quantidades muito grandes da mesma peça para que o processo se torne rentável. Adentramos ao campo da racionalização na produção industrial.

A racionalização é indispensável na industrialização, e identifica-se com a mesma.

“Racionalizar a produção quer dizer estudar os métodos de produção, a fim de reduzir o tempo de trabalho, reduzir os tempos-máquina, em vista de se conseguir a melhor produtividade e a melhor rentabilidade” (Blachère, pp.09, 1975).

⁴⁸ É fato que seja comum que a industrialização ocorra em lugares cobertos, mas, apenas porque existem máquinas que não podem ser instaladas ao ar livre, pois estragariam rapidamente. No caso da construção civil, podemos executar as peças em planta industrial ou ao pé da obra. O passo da construção artesanal para a construção industrializada se inicia com a separação e divisão do trabalho entre a produção e a montagem.

A preocupação de racionalização, no entanto, é independente da industrialização. Pode existir no artesanato ou até mesmo na construção civil realizada *in loco*. João Filgueiras Lima, em entrevista, atentou para o fato de que as obras, realizadas segundo a construção convencional, da cidade de Brasília, teve que ser racionalizada para que se atendessem à construção de uma cidade em apenas três anos:

“(...) Brasília devia ser construída em 3 anos. Em 1957 não havia nada e ela tinha que ser inaugurada em 1960. Então, nós tivemos lá que improvisar muitos, vamos dizer, sistemas de racionalização, não pré-fabricação, que naquela época não se fazia, mas, a racionalização da construção, repetição de fôrmas, o uso de fôrmas várias vezes sim; para você ganhar tempo na construção. O objetivo principal era esse. Ao mesmo tempo os canteiros de obra eram verdadeiras pequenas cidades; tinham que ter tudo, lá (Brasília) não tinha nada, tinha que ter refeitório, alojamento para todos os operários, tinha que ter lavanderia, enfim, todas as coisas necessárias para o dia-a-dia você tinha que “subir” dentro do canteiro de obras. E foi nesses canteiros que eu utilizei muito a pré-fabricação em madeira, mas o objetivo era sempre ganhar tempo.(...)”

A racionalização acompanha a industrialização, no entanto, também existe o caso de se encontrar produções industrializadas muito mal organizadas. Na construção, a industrialização se associa com a necessidade de integração, para a elaboração de uma arquitetura de interesse do ponto de vista funcional, estético, econômico e social. Com frequência os agentes da construção se relacionam mal entre eles: o que projeta, o que calcula, os que realizam; existe incompreensão, falta de comunicação, falta de informação, e outros mal-entendidos, todos eles geradores de perdas de tempo, erros e repetições.

“A essência da industrialização é produzir um objeto sem a mão-de-obra artesanal, com máquinas comandadas por trabalhadores apenas especializados, não qualificados, ou melhor, por máquinas automáticas. Esta é a base da industrialização.” (BLACHÈRE, 1975, p.11).

O problema da industrialização passa pelo conceito de que, necessariamente, para se realizar um objeto industrializado este deve ser fundamentalmente diferente daqueles que se produzia por meio de métodos artesanais. Um exemplo clássico é dos artesãos que fazem

as carruagens e dos industriais que fazem os automóveis; caso não tivesse sido inventado o motor a explosão seriam feitas carruagens de modo industrializado. Existe, portanto, uma base lógica para isso. Quando se industrializa, por definição, altera-se o método de produção e se chega muito comumente a objetos distintos da produção artesanal. Isso deverá ocorrer em um futuro próximo com as edificações que habitamos. Em muitos casos, não se muda a utilidade ou conceito de certo objeto, no entanto, a matéria e sua execução. As construções não são ou deixam de ser industrializadas apenas porque não se transformou a sua função.

Existem vários preconceitos em relação à industrialização da construção especificamente, dentre eles, assim como observa ROSA (2006, p.18):

“- A industrialização da construção limita a criação, deixando todos os edifícios homogêneos, uniformes e monótonos?

- Qual a estética possível da arquitetura industrializada?

- É possível industrializar a construção de qualquer edifício?

- Qual o grau de industrialização que é possível se alcançar, sem prejudicar a qualidade arquitetônica?

- Quem serão os agentes que poderão investir num setor que exige tão elevados recursos financeiros?

- Qual o volume de recursos financeiros necessário para industrializar a construção de alguns setores?”

Por esses motivos, no Brasil, as unidades industriais são pioneiras no uso de pré-fabricados. Os industriais buscam esse sistema em função de flexibilidade e rapidez de execução, que significa retorno mais rápido dos investimentos. São poucos, no entanto, os avanços relacionados a edificação industrial desenvolvidos no país em vista às nossas necessidades. Os sistemas em sua grande maioria são importados e, por preferência dos empresários, são edifícios de formas geométricas simples, de rápida execução e melhor custo-benefício. Os projetistas, em geral, optam por edifícios compactos em função da tentativa em se reduzirem os custos das construções.

“Na construção civil do nosso país não existem artífices nem mão de obra educada. Também não existe a pirâmide tradicional de eficiência, na execução de obras, pela qual todos os envolvidos participam com sua parcela de responsabilidade. Existe apenas um

único responsável, que é o engenheiro; cabe a ele a obrigação de orientar, controlar, organizar e coordenar o serviço dos empregados, no sentido de produção e no de qualidade de mão-de-obra. O engenheiro não está preparado para essa tarefa e, mesmo que fosse conhecedor de todos os ofícios, seria sobrecarregado no sentido físico e de responsabilidade” (BROOS, 1989, p.92)

Apesar da multiplicidade de experimentos no sentido da industrialização da construção, parece que os sistemas construtivos industrializados ainda não estão perto do estado que alcançaram outras atividades industriais, faltando muito a se desenvolver. Não só no Brasil, mas em todo o mundo, se vê a indústria da construção como o setor menos desenvolvido do ramo industrial. A indústria brasileira, em momento de expansão, por sua vez, utiliza-se sempre dos mesmos sistemas construtivos ou importa modelos do exterior. A pré-fabricação destes edifícios ainda é pensada como forma de se conseguir ganhos econômicos em edificações que foram projetadas em forma convencional e convertidas em edifícios pré-fabricados, o que demonstra o quanto atrasados estamos nesta questão e o motivo de que a pré-fabricação deve ser uma disciplina autônoma. Atualmente, a construção pré-fabricada no Brasil parece esperar um momento de crise para que volte a avançar, ou ser forçada pelo incremento do número de novas construções dentro do período pelo qual passamos atualmente. A conexão dos processos de manufatura que vem acontecendo de forma global, deverá conduzir os edifícios à sua pré-fabricação em inúmeras partes individuais, que serão apenas montadas no canteiro de obras.

O esforço contínuo no sentido de se industrializar a construção é necessário, pois não existem resultados definitivos nem mesmo modelos gerais dentro da construção industrial, realizada de maneira industrializada. Assim, ressalta-se a importância dos estudos sistemáticos dentro da área. A “fast construction” (do inglês, construção rápida), assim como se conhecem hoje em dia as obras que possuem prazo extremamente reduzido para o seu projeto e execução, não estão ligadas a apenas um método construtivo em especial, mas sim, dependem da busca de uma solução adequada para o problema arquitetônico proposto aos projetistas, dentre eles arquitetos, engenheiros e economistas. O estágio de desenvolvimento e integração de sistemas de “fast construction” em alguns países desenvolvidos, como é o caso dos Estados Unidos da América, permite que o projeto ocorra ao mesmo tempo da construção.

Na arquitetura industrial há alguns requisitos como a execução de grandes construções em tempo reduzido, flexibilidade e expansibilidade, registro de processos, instalações de qualidade industrial, facilidade de manutenção e só podem ser alcançados por meio de sistemas construtivos pré-fabricados, seja qual for a tipologia ou ramo industrial, desde as indústrias pesadas até as indústrias leves. Dentre as principais vantagens no uso de elementos pré-fabricados na arquitetura industrial encontram-se:

a. Rapidez da execução da obra, pois, na obra, a estrutura pré-fabricada é apenas montada. Existe, em geral, a possibilidade em se erigir a superestrutura e cobertura da edificação logo no início da obra, permitindo-se trabalhos abrigados durante quase toda a execução e menores atrasos de execução provocados por, por exemplo, dias chuvosos ou muito quentes.

Por sua vez, as construções tradicionais ou convencionais exigem, na maioria dos casos, longos processos de execução, e descontrole do orçamento, por meio dos atrasos de execução, desperdício de materiais e mão-de-obra, falta de planejamento prévio e baixo controle. Essas características, não seguem os princípios industriais. Em geral, as construções industriais exigem prazos curtos de execução para acelerar o início do retorno dos investimentos. Representa, portanto, diminuição no intervalo entre a decisão em se começar uma produção e a introdução no mercado, o que quase sempre é um fator decisivo no sucesso econômico de um produto. Construções rápidas são, portanto, de grande importância. Dá-se assim, a preferência pela pré-fabricação.

Além disso, “Projetistas, fornecedores e construtores não têm tempo hábil para corrigir falhas, quando falamos de dois, três meses (projeto e obra).” (YAGIU, In MEDEIROS, 2003, p.40) As próprias edificações devem ser conduzidas a novas experiências que não cometam o erro de apenas industrializar o que se produziu durante muitos séculos de forma artesanal. Nesse sentido, é por meio da industrialização que se poderá aportar novos materiais à construção, ramo dos mais importantes na economia global. Vale destacar que a “fast construction” já aparece como nova modalidade econômica e conceito construtivo. A industrialização da construção dá-se, sobretudo, por meio dos componentes a serem montados, gerando inúmeras formas de expressão do edifício construído. Os arquitetos devem saber trabalhar com os sistemas pré-fabricados, mais do que isso, conhecer o método de concepção destes sistemas

e especificá-los de maneira correta.

b. Controle mais preciso de orçamento. Existe maior precisão no controle dos custos das peças, que fazem parte de controles precisos baseados na atividade de produção industrial. Os orçamentos são realizados de forma mais rápida e possuem margem de erro percentualmente muito mais baixas. Podem ser realizados estudos mais ágeis a respeito de custo-benefício das questões estruturais, como otimização de tamanhos de vãos.

c. Flexibilidade. “Em geral, uma indústria necessita ser organizada, e conseqüentemente projetada, com uma certa elasticidade de soluções e de deslocação previsíveis, de maneira que as estruturas possam ser desmontáveis e sua recuperação integralmente possível em relação à evolução e articulação de problemas futuros.” (VICARI, 1959, p.319)

Como o uso de edifícios de produção pode modificar ao passar do tempo, convém desenvolver os elementos como módulos, determinados nas primeiras etapas do projeto, com base nas necessidades produtivas. Desta forma, cria-se a possibilidade de que estes elementos sejam facilmente substituídos e ampliados sem uma quebra significativa da produção no chão-de-fábrica. O uso de sistemas construtivos pré-fabricados, corretamente ajustados às necessidades atuais e futuras das empresas pode significar mudanças que necessitem de relativamente baixos esforços, em relação aos sistemas tradicionais.

HENN (In. FORTI, 1964, p.139) observa que a flexibilidade e expansibilidade de uma fábrica são características edilícias que poderão gerar questões particulares de país para país. Por exemplo, nos Estados Unidos, a necessidade da flexibilidade fez com que praticamente só fossem construídos edifícios industriais em um único pavimento, além disso, o menor emprego de mão-de-obra faz com que o material aço seja competitivo com o concreto armado. Cada país, portanto, terá um tipo de pré-fabricação das edificações com diferenças principais nos usos de materiais, dimensões das peças e desenho das mesmas, que resultarão em edifícios industriais tipologicamente distintos.

Um método de construção modular pré-fabricado pode gerar um alto grau de flexibilidade, assim como visto na obra de João Filgueiras Lima, tema do estudo de caso que será apresentado no capítulo subsequente. Também poderá garantir facilidades de

manutenção do edifício e compra de componentes industrializados, caso sejam seguidos módulos dimensionais consagrados. A coordenação modular pode ser considerada como o estímulo para o início da produção industrial. Trata-se de um dos instrumentos chave para o sucesso de uma produção em série que pretenda alcançar o máximo de possibilidades de relações entre os componentes. A maioria dos sistemas existentes no mercado tem o seu módulo dimensional como sendo 3M (onde $M=100\text{mm}$), 12m é uma medida muito usada. Vale destacar que a modulação não é impositiva, na maioria dos casos, no entanto, influencia no custo da edificação. Cada sistema construtivo pré-fabricado deve possuir a padronização de seus detalhes, por exemplo, encaixes, seções (principalmente quando se tratam de objetos extrudados). As peças, no entanto, podem variar suas dimensões, mantendo o padrão principal.

A flexibilidade do sistema é, portanto, imperativa. Sistemas industrializados diversos, existentes para outras tipologias arquitetônicas como, por exemplo, arquitetura habitacional ou escolas, não podem ser utilizados, em função de pouca flexibilidade ou outras características, como a impossibilidade em vencer grandes vãos com poucos apoios. Os sistemas construtivos para arquitetura industrial tendem, para estruturas independentes de vedações, que funcionem como uma espécie de exoesqueleto. Os requerimentos de grandes alturas e grandes larguras de vãos podem levar a uma dominação do conjunto pelos elementos estruturais. O envelope, sendo ele, a cobertura ou a fachada, torna-se então subordinado e se torna o preenchimento da estrutura de suporte. A grelha modular é rigidamente pré-determinada. Um sistema construtivo de grande flexibilidade⁴⁹, portanto, deverá ser de custo mais elevado, por possuir maior quantidade de componentes.

Na visão antiga e mais difundida da pré-fabricação de edificações, descrita por OLIVERI (1972, p.15), os sistemas seriam um método de construção para o qual todos os processos relativos à sua fabricação e montagem dos componentes fossem resguardados por patentes e compreendessem: a programação do ciclo produtivo em todos os seus aspectos (técnico, econômico, financeiro, temporal, etc.); o Projeto do edifício de forma integral em todas as suas partes, segundo um método que preveja a decomposição em

⁴⁹ O conceito de flexibilidade não está ligado apenas ao projeto de indústria, no qual é mais freqüente, mas a todas as edificações e se aplica, inclusive, muito bem em uma nova maneira de construir que cada dia vem ficando mais comum no Brasil, o "build to suit", do inglês, construir sob medida.

elementos geométricos repetíveis em série analógica diferenciada apenas pelas funções, e a produção industrial dos distintos componentes na quantidade e qualidade previstas, limitando ao mínimo as operações de montagem, de selado de juntas, de terminação e, em geral, de tudo que suponha o uso de mão-de-obra em uma oficina. Isso representa a visão de sistema fechado, que parece ser metodologia em desuso devido à falta de flexibilidade. Hoje em dia, a construção civil industrializada ocorre, em geral, através de sistemas abertos classificados basicamente em duas formas, segundo a sua complexidade: Sistemas de simples integração e Sistemas de integração diferenciada. No primeiro tipo, as mudanças dos subsistemas influenciarão a totalidade do edifício. Já no segundo tipo, a hierarquização dos sistemas possui uma camada a mais, o que permite que subsistemas sejam modificados sem que causem um efeito negativo na eficiência funcional do sistema como um todo. Os elementos hierarquizados até o nível de sua função principal, permitem a industrialização por completo das edificações, devendo-se seguir apenas o princípio do método organizacional da indústria conhecido como produção modular, dentro do qual, as partes são fabricadas e desenvolvem-se individualmente, tendo como limitante apenas questões de conexão para formar o todo, que devem ser padronizados. Esse tipo de construção permitirá que partes, como as partições internas, sejam alteradas sem que sejam necessárias intervenções estruturais, mantendo o edifício atualizado com questões de sustentabilidade e tecnológicas.

d. **As vantagens da industrialização** são melhores percebidas na realizada em fábrica fixa. Nela é notável o aumento da produtividade, pois, usufrui de equipamentos melhores e maior controle e racionalização da produção. O produto, por sua vez, é dotado de qualidade constante. Podem ser determinados os tempos e custos com exatidão, sendo que há absoluta independência dos fatores climáticos o que representa um maior empecilho nos países de clima frio visto que a cura do concreto, por exemplo, não se dá corretamente com temperaturas abaixo de 5 graus Celsius. A mão-de-obra, por sua vez, além de especializada em parte do processo, possui o trabalho contínuo assegurado, dentro das mesmas condições de um operário industrial. As partes do edifício podem ser rastreadas por meio de registros da produção, permitindo a identificação de problemas e a evolução do sistema.

A industrialização está intimamente ligada ao custo da obra. A produção em fábrica fixa deverá atender a grandes demandas que por sua vez representarão produções de grandes séries de componentes e conseqüentemente economia de escala. Espera-se que o preço das construções industrializadas possa ser reduzido assim como o aconteceu com os aviões, automóveis e até mesmo com a eletrônica. Um sistema construtivo que associe a rapidez do processo industrializado com as características de desempenho de uma obra convencional possivelmente, em pouco tempo, traz para si boa parte do mercado da construção.

e. Menores desperdícios em relação à construção tradicional.

Os valores relacionados a desperdício de materiais em obras convencionais são, em muitos casos, da ordem de 20% da quantidade de material utilizado. Segundo a Prefeitura do Município de São Paulo, a construção dentro da área Metropolitana gera um volume de 17.000 toneladas de entulho por dia. Trata-se de uma quantidade que em poucos anos não poderemos mais absorver, criando não apenas problemas de sustentabilidade e meio ambiente como também onerando a construção civil. A estrutura pré-fabricada, na sua maior parte, permite adaptações e modificações posteriores, o que faz com que seja muito menor o número de demolições de edifícios inteiros. Podemos imaginar que, com a rápida evolução tecnológica atual, caso não avancemos para novas soluções construtivas em poucos anos estaremos habitando edifícios obsoletos, de difícil adaptação e transformação.

Numerosos estudos sobre o aproveitamento do entulho - ou resíduos da construção e demolição, RCD - gerado pela construção civil vêm sendo realizados, levando-se em conta fatores como conceitos de produção enxuta, ciclo de vida útil, desenho ambiental e reciclagem. Podemos dizer que a construção industrializada pode atender perfeitamente a todos estes requisitos. As construções do tipo convencional, por sua vez, não possuem registro das atividades e da forma com que foram construídas, causando problemas e novamente desperdício de materiais quando há necessidade de alterações no decorrer do uso da edificação. A falta de uma coordenação modular também é responsável por perdas no uso dos materiais. A importância em se edificarem edifícios pré-fabricados não está apenas na rapidez de execução de soluções, mas, na possibilidade de intercambialidade e reuso dos componentes, que

não serão descartados assim como ocorre hoje em dia, representando um grande ônus global.

A pré-fabricação contribui também, com a existência de canteiros mais limpos e a organização da construção é mais eficaz. As peças a serem erguidas são dispostas perto do local de uso.

f. Desempenho mais preciso da edificação no que diz respeito ao controle de projeto e execução. Um dos mais importantes benefícios da construção industrializada, em geral, está no fato de que os sistemas são continuamente experimentados. Sendo assim, as fraquezas e defeitos podem ser corrigidos em futuros projetos. Diminui portanto os reparos em função de mal funcionamento decorrentes de erros de projetos básicos e de execução. A precisão de esquadrejamentos minimiza, por sua vez, os custos com desperdícios de revestimentos.

g. Maior facilidade de controle e qualidade de acabamentos. Projetos modulados (Coordenação modular) facilitam o uso de componentes padronizados, fabricados previamente e montados na obra (pré-fabricados). Os elementos de preenchimento da superestrutura dependerão das necessidades internas de conforto ambiental. Ao contato com o ambiente externo somam-se outros elementos pré-fabricados, que determinarão aspectos do contato com o exterior como é o caso das fachadas envidraçadas e de possíveis proteções solares, como brise-soleil. Desde que tratados modularmente, em relação à estrutura, estes elementos podem ser propostos com o uso de materiais e níveis tecnológicos que possam ser executado em várias regiões do país.

h. Melhorias das condições de trabalho dos operários da construção civil. É comum imaginar que a construção industrializada é viável apenas nos países mais ricos e industrializados, no entanto, é uma solução para todos os países onde haja falta de mão-de-obra qualificada, ou, nos países em desenvolvimento que possuem abundância de mão-de-obra, porém, esta não está precisamente qualificada. No passado, o custo de uma obra dava-se essencialmente pela quantidade e qualidade dos materiais nela empregados. Hoje em dia, cada vez mais, existe um importante aspecto relacionado ao custo da mão-de-obra, que, diferentemente de um acréscimo natural de custos da matéria-prima, sofre uma forte alta provocada por vários fatores da economia,

inclusive uma melhora do nível de vida da população, que se sente de forma muito mais notável nos países desenvolvidos.

A produção realizada em fábrica fixa, agrega benefícios aos trabalhadores da construção, como registro trabalhista, planos de saúde, rotina produtiva e aperfeiçoamento técnico, deslocamentos constantes, espaços de trabalho com melhores condições de conforto, dentre outros.

A construção industrializada, no país, no entanto, não recebe investimentos governamentais no sentido de seu desenvolvimento técnico e tecnológico, o que pode ser entendido pela hipótese de que o setor é o que mais absorve a mão-de-obra não qualificada abundante no país, junto com o setor de Produtos Alimentícios. O Estado vê a atividade tradicional como uma forma oportuna de absorção de mão-de-obra desqualificada, gerada pelo ciclo vicioso da falta de investimentos na educação da população. Porém, a mesma indústria da construção, que gera muitos empregos, desemprega com a mesma facilidade. Isso poderia não ocorrer com a transferência da construção para a fábrica.

“No Brasil, quando o assunto é o desenvolvimento ou ações de governo para o desenvolvimento, a construção civil é considerada como um dos setores de maior importância, tanto na absorção de mão-de-obra quanto na medição de crescimento econômico, tal o significado e dimensão de seus números no cálculo do PIB.

No entanto, pela importância dos bens que produz e pelo número de pessoas que envolve, o setor da Construção é ineficiente no processo construtivo pois interesses econômicos em vigor e a falta de políticas públicas não promovem o aprimoramento tecnológico necessário para melhorar a qualidade final dos produtos, das condições gerais de trabalho, do nível cultural da mão-de-obra e, por final, para diminuir o déficit habitacional nas áreas urbanas brasileiras.” (ROSA, 2006, p. 13)

Há trinta anos, BRUNA (1976, p.13) já destacava o problema das construções realizadas segundo o método tradicional, destinadas à habitação, no entanto, podendo ser expandida a todas as áreas da construção:

“(...)A construção tradicional justamente por ser uma somatória de atividades artesanais requer um extenso contingente de mão-de-obra especializada. O emprego de operários não qualificados é teoricamente limitado; na prática, porém, altíssimo, a ponto de o padrão atual das construções, nos grandes centros urbanos,

principalmente São Paulo e Guanabara, estar comprometido, pois está sujeito a ineficiências de toda ordem, a desperdícios de materiais e homens-hora, o atraso nos prazos e, em consequência, a apresentar um altíssimo custo, apesar dos salários pagos à mão-de-obra serem irrisórios. A solução proposta no sentido de promover a formação de operários especializados, além de ser longa, é cara, correndo-se o risco de formar uma mão-de-obra anacrônica, porque de baixa produtividade e porque significa manter uma estrutura de trabalho artesanal. A racionalização e a mecanização dos métodos construtivos parece ser o caminho para integrar extensos contingentes de mão-de-obra não qualificada; a máquina pode ser operada por trabalhadores cujo treinamento é muito curto, e a economia de escala pela produção em massa é o único meio para baratear o custo final da habitação.(...)”

i. Desenvolvimento tecnológico e aplicação de tecnologias de ponta. O edifício industrial do futuro deverá estar totalmente relacionado a sistemas estruturais pré-fabricados. A indústria, como atividade que busca a excelência tecnológica, hoje em dia, representa o ramo dentro da construção civil responsável por muitas das novas experiências em relação aos sistemas construtivos industrializados.

A maior parte de novos materiais e sistemas, que vem sendo desenvolvida para a aplicação na Arquitetura, tem sua porta de entrada no mercado por meio de seu uso nos edifícios industriais. As novas tecnologias, materiais e métodos construtivos passam por uma fase de desenvolvimento acelerado e influirão definitivamente sobre os edifícios industriais a serem construídos. O setor da construção civil abrange uma multiplicidade de materiais que são utilizados e está constantemente aberta ao desenvolvimento de novos produtos.

Dentre os novos materiais podemos citar, basicamente, 7 classes que passam por grande desenvolvimento: cerâmicas, vidros, tecidos, semicondutores, materiais compósitos, metais e polímeros. A condição tecnológica de grande quantidade de laboratórios de desenvolvimento de materiais, permite que os pesquisadores coloquem em prática a idéia do físico norte americano Richard Feynman (prêmio Nobel de Física em 1965), de 1950 que aponta para que no futuro os engenheiros poderiam pegar átomos, colocá-los onde bem entendessem e, desta forma criariam materiais com propriedades inteiramente novas. De fato, a nanotecnologia permite

que se manipule, crie e avalie materiais um bilionésimo menores do que um metro. Nesta dimensão, os materiais possuem comportamentos especiais e maior eficiência nas suas propriedades. Para garantir o desempenho desejado destes novos produtos, é pré-requisito essencial que sejam consultados os respectivos especialistas. No Brasil, são poucas as pesquisas privadas neste sentido, sendo que os desenvolvimentos, em sua maioria, são creditados a laboratórios de universidades. Citando em parte ADAM (2004, p. 21), podemos observar desenvolvimentos atuais neste sentido, como por exemplo:

i. O desenvolvimento de fontes luminosas como é o caso do LED (diodo emissor de luz, ou, em inglês, *Light Emitting Diode*) que vem se demonstrando uma potente fonte de iluminação, com baixo consumo elétrico e pouca geração e desperdício de calor, além de possuir vida útil de até 100.000 horas em operação. Apesar dos custos ainda elevados, seu uso vem sendo difundido.

ii. A indústria do vidro, por sua vez, é responsável por progresso significativo. Hoje em dia, encontra-se disponível no mercado um amplo leque de novos tipos de vidro, com características específicas de desempenho, dentre elas: melhor resistência térmica, fatores mais elevados de proteção solar e até mesmo vidros com capacidade surpreendente de suportar cargas.

iii. A tecnologia de colas e adesivos passa por grande evolução e vem criando novas possibilidades com o advento de novos materiais compósitos, como por exemplo, as telhas do tipo “sanduíche”, que possuem desempenho térmico e acústico.

iv. Materiais leves novos, sendo alguns deles desenvolvidos pela indústria aero-espacial.

Os novos desenvolvimentos relacionados à aplicação de placas de gesso acartonado substitui em alguns casos a presença de alvenarias pesadas e de uso de concreto. Possui a vantagem da pré-fabricação, maior flexibilidade e obra seca. É utilizado amplamente em divisórias sob a forma conhecida como “dry-wall”, que são placas de gesso estruturadas por aramado em perfis leves de zinco. Vem sendo desenvolvido, por outro lado, materiais à base de gesso que possuam elevada resistência mecânica e que possam ser utilizados para resolver problemas estruturais. Estas peças, segundo os

fabricantes, são conseguidas através da adição mínima de água para satisfazer a reação de hidratação, resultando em peças mais densas, e portanto, de maior resistência mecânica. Quando em forma de material compósito: gesso-fibras (de papel, coco, bananeira, dentre outras), o material passa a ter desempenho como isolante acústico e térmico.

Segundo Di Giulio (19-?, p.41-2), o material ainda possui vantagens de ser não combustível, 100% reciclável, de baixo custo, não causador de poluição no seu processo de fabricação e seu uso na construção ajuda a reduzir o emprego indiscriminado de madeira. O pesquisador da USP de São Carlos, Milton de Souza (Di Giulio, 19-?, p.44) observa ainda que há duas formas conhecidas de gesso: o mineral e o fosfogesso, ou sulfato de cálcio hidratado, resultante da produção de fertilizantes fosfatados. Esse material é encontrado facilmente na região Sudeste do país em montanhas de rejeito industrial. O problema é o tamanho das partículas que são demasiado grandes para a aplicação em placas. Pesquisas já desenvolveram esse material para uso como reboco.

v. A tecnologia da informática permite a adaptação dos edifícios ao ambiente externo, controlando as condições internas, durante o curso dos dias e épocas do ano, com base em valores pré-determinados, mas também, o controle individualizado do ambiente de trabalho.

vi. Novos materiais cerâmicos e vitrocerâmica utilizados para revestimento arquitetônico, que imitam materiais como o granito e mármore, por exemplo, em extinção. O nome vitrocerâmica vem do fato que o material utilizado, no caso das pesquisas do LaMav, da Universidade Federal de Santa Catarina, não é vidro puro, pois este possui estrutura molecular desorganizada. As propriedades do pó de vidro são melhoradas a partir da cristalização e passam a apresentar maior resistência mecânica.

vii. Metais de memória. As ligas metálicas com memória de forma (SMA – “Shape Memory Alloys”) são materiais que podem ter sua forma recuperada mesmo depois de severamente deformados. Isso não ocorre apenas com metais, mas também com polímeros, materiais cerâmicos e biológicos, como é o caso do cabelo humano. No entanto, os metais encontram interessante aplicação na construção civil. Acredita-se que, no futuro, estruturas inteiras

possam ser transportadas “amassadas”, de maneira a reduzir seu volume, e terem sua forma recuperada no local de instalação, através, por exemplo do aquecimento da liga até certa temperatura.

Existem, no entanto, problemas relacionados aos sistemas construtivos pré-fabricados:

a. Custos elevados de desenvolvimento e instalação de fábricas. As empresas construtoras, por sua vez, investem com desconfiança em tecnologias de “pré-fabricação total”, uma vez que, para poderem entrar em contratos de financiamento devem ter sido bastante experimentadas, para conseguir a homologação perante aos organismos de crédito bancário. Os sistemas pré-fabricados para a habitação esbarram, também, nas questões das legislações municipais, regionais e claro, entre os diferentes países. Em muitos casos, os sistemas construtivos pré-fabricados disponíveis não se adaptam aos planos diretores de uso do solo de certas localidades, geralmente em função do atraso desses mecanismos de planejamento urbano em relação ao estado da arte da construção.

Existem riscos de desenvolvimento industrial provocados pelo conhecimento insuficiente da disciplina por parte de engenheiros e arquitetos. SCHIMID e TESTA (1969, 232) ilustram, por exemplo, o desuso de alguns sistemas construtivos industrializados com o caso das pesquisas com plásticos dos anos cinquenta. O material, utilizado em alguns protótipos, demonstrava-se como o material do futuro na arquitetura. No entanto, tempos depois se demonstraram insuficientemente resistentes ao clima, ao fogo e possuíam características muito falhas em relação ao suporte de cargas. Semelhante problema aconteceu na década de 60, com a intenção de se difundir o uso do alumínio. Nesse caso, tudo era produzido com o mesmo material, ao invés de se utilizarem materiais mais adequados para certos usos. Algumas tentativas, nos mesmos anos de se executarem casas em estrutura metálica de aço foram um fracasso, sendo que grandes empresas da construção chegaram a falir. A razão do insucesso foram as poucas pesquisas de mercado, falta de qualidade por parte dos desenhistas, e a quase que tentativa de imposição de uma arquitetura que não era culturalmente aceita. Nota-se aqui, portanto, a necessidade do treinamento dos arquitetos e desenhistas industriais a respeito da disciplina específica que é o desenho de sistemas construtivos industrializados e toda a complexidade que esta atividade pode trazer.

“A indústria resolveu o problema dos custos, introduzindo o trabalho em cadeia como um primeiro passo em direção à automação total do processo construtivo. Na construção de edifícios se utiliza apenas uma pequena parte dos recursos científicos disponíveis e se avança muito lentamente pelo caminho em direção ao progresso. Impõe-se uma renovação dos métodos operativos e de projeto.”

(OLIVERI, 1972, p. 2)

SCHIMID e TESTA (1969, p.234) propõem como novo passo um esforço por parte dos arquitetos para unirem-se ao desenvolvimento da construção industrializada e para que isso ocorra é necessária uma aproximação de estudo dos arquitetos aos sistemas industrializados, e um elo mais próximo entre as escolas de arquitetura e a indústria da construção.

“Os gastos ocasionados pelas pesquisas experimentais e a aceitação dos resultados adquiriram dimensões sempre maiores e de tal magnitude que justificam a criação das ‘marcas de fábrica’: nasceram assim os sistemas de pré-fabricação e com eles o mito da industrialização (...)” (OLIVERI, 1972, p.38)

b. Custos iniciais mais elevados em relação aos custos de construções tradicionais. Em geral, sistemas construtivos para o uso em arquitetura industrial exigem investimentos iniciais altos, o que deverá ser estudado pelo proprietário, que decidirá pelos sistemas ou não. Quase sempre, o futuro das empresas tem um componente importante de incerteza. O difícil então será identificar um sistema que seja economicamente viável, dentro do melhor custo benefício. Deve-se apontar ao fato de que cada caso deverá ser estudado de forma meticulosa.

c. Sistema Tributário brasileiro que penaliza o uso de peças industrializadas em usina fixa. Deve-se levar em conta, em relação a sistemas construtivos pré-fabricados, tanto concreto pré-moldado como estruturas metálicas, a incidência de impostos para produtos industrializados, o que não ocorre em estruturas moldadas *in loco*. Neste último caso, os impostos incidem apenas sobre o valor de alguns dos materiais utilizados, como por exemplo, o cimento.

d. A pré-fabricação em fábrica fixa, dependendo da distância do local de montagem, pode significar uma contradição do ponto

de vista energético, ou, como está em voga, do ponto de vista de sustentabilidade. Por outro lado, dependendo do solo e das cargas, as fundações necessitam ser moldadas in loco. Ainda é muito difícil que a pré-fabricação se dê por completo, tendo que coexistir com trabalhos convencionais, o que dificulta a manutenção de equipes filosoficamente tão distintas dentro das empresas construtoras.

e. Necessidade de produção de grandes séries para ser viável economicamente. SCHIMID e TESTA (1969, 232) no seu livro intitulado “System Buildings” apresentam algumas hipóteses em relação às falhas contidas nesses sistemas. Um dos primeiros problemas apresentados remete-se à produção maciça de componentes para unidades de edificação semelhantes. O mercado norte-americano demonstrou a falta de interesse por unidades sempre iguais, pelo contrário, esperavam processos produtivos que se transformassem numa quantidade de desenhos distintos o maior possível.

f. Os componentes pré-fabricados precisam ser manuseados com cuidado, o transporte define inclusive o projeto. No caso de edificações industriais distantes, deve se levar em consideração o tamanho máximo das peças, de forma que estes possam ser transportados pelos meios de transporte disponíveis e possam passar por trecho da linha de transportes que passem por obstáculos naturais como é o caso de pontes e túneis.

g. Deve se atentar ao projeto das junções, verificando-se a resistência à corrosão. Vazamentos são comuns em junções mal projetadas ou mal executadas na montagem das obras. Uma das maiores dificuldades da pré-fabricação diz respeito à qualidade de detalhamento das juntas. Por esse motivo, muitas vezes, torna-se inviável a execução de fábricas que requerem ambientes limpos com esse tipo de sistema, optando-se por estruturas moldadas in loco e com menor quantidade de juntas, resumindo-as apenas àquelas que se destinam a combater os esforços de dilatação estrutural.

h. Transporte pode ser muito mais custoso para componentes volumosos do que para componentes mais simples, que podem ser transportados de forma mais compacta.

i. Componentes muito grandes e pesados exigem equipamentos grandes e custosos com precisão para posicionar as peças no local adequado. Tolerâncias dimensionais devem ser maiores.

Deve-se analisar a possibilidade de entrada de equipamentos de grande porte no canteiro de obras. Grandes estruturas pré-fabricadas são erguidas com o uso de um ou até mesmo dois guindastes de grande porte, simultaneamente. Essa dificuldade inviabiliza principalmente execução de edificações industriais em áreas urbanas.

Os profissionais do setor da construção, mais especificamente relacionados ao projeto, também esbarram em problemas quando pretendem especificar os sistemas construtivos industrializados que são entre eles:

j. Pouco se conhece ou não se tem informações suficientes sobre os sistemas construtivos disponíveis. O Brasil, especificamente o Estado de São Paulo, teve em distintas épocas, iniciativas relacionadas à industrialização da construção, um dos temas centrais da arte de construir nos nossos dias. O impulso neste sentido vem sendo dado desde a década de 80 (presença muito forte dos pré-fabricados de concreto) com a, cada vez maior, internacionalização da economia e chegada de empreendedores estrangeiros habituados com a utilização de pré-fabricados e com as obras rápidas. O mercado, ainda muito ligado às robustas peças de concreto armado pré-moldado, deverá, nos próximos anos, exigir mudanças no sentido do que vem se produzindo ao redor do mundo: novo desenho, novos materiais, e novas composições dos materiais existentes.

“Os pré-fabricados de concreto, por outro lado, deixaram de ser “commodities”, peças prontas de prateleira à espera de compradores. Os fabricantes adaptam-se a cada projeto, fornecendo o sistema mais adequado às necessidades de cada obra. Essa customização mostra que o foco mudou em direção ao cliente. Numa analogia com a indústria automobilística, a construção pré-fabricada, antes, seguia a linha fordista: hoje é kanban, com uma concepção flexibilizada, voltada para o usuário.”
(YAGIU, In MEDEIROS, 2003, p.40)

h. As informações existentes disponíveis em catálogos quase sempre são insuficientes para o profissional se certificar da qualidade do produto em relação ao convencional. A construção industrializada requer uma nova metodologia que, por sua vez, requer uma adaptação mental e técnica para que possa gerar resultados de

interesse. Essa nova metodologia requer inserção de novos campos para a atuação do arquiteto como o planejamento do Canteiro de Obras. Nas próximas décadas espera-se que os métodos tradicionais da construção, baseados nas habilidades artesanais dos operários, sejam substituídos pela industrialização e automação, como já ocorre em outros ramos de atividades que já se encontram mais similarizados à Era da Informação.

Assim como descreve CAMPOS⁵⁰, a respeito do caso do concreto pré-moldado, a falta de informações acarreta a não exploração da potencialidade do concreto pré-fabricado, o que gera um círculo vicioso.

“Ou seja, não se constrói porque não há insumos tecnológicos (conhecimentos, experiência, equipamentos e dispositivos auxiliares) e não há insumos tecnológicos porque não se empregam em larga escala, nas construções, os pré-fabricados de concreto, como comenta o prof. Mounir Khalil El Debs.”

k. Acredita-se que as construções industrializadas determinem sempre as mesmas soluções formais. No entanto, os sistemas construtivos industrializados permitem soluções muito diversas, ocorre porém, que quase sempre não serão espécimes únicos.

l. Mesmo contando com informações quanto aos sistemas, os profissionais nem sempre dispõem de método eficiente que lhes permita comparar e decidir com firmeza sobre o mais adequado, à solução do seu projeto. Foram poucos os esforços nacionais de classificação dos sistemas construtivos pré-fabricados. De fato, ocorreram apenas com o concreto pré-moldado, no entanto, de forma não contínua, limitando os projetistas a trabalharem com peças de desenho de meados da década de oitenta, quando os cálculos e materiais apresentavam estágio de desenvolvimento tecnológico muito inferior ao encontrado hoje em dia.

m. Esclarecer se as vantagens de utilizar um determinado sistema construtivo estão no custo ou no desempenho. Procura-se as estruturas pré-fabricadas com o intuito de se reduzirem os custos de execução do edifício, o que nem sempre ocorrerá. Em

⁵⁰ <http://www.abcic.com.br>, acesso em 07.11.2008 às 14:48:30 h.

alguns casos, no entanto, convém escolher por esses sistemas em função de sua flexibilidade e desempenho dos elementos. Caberá ao projetista apresentar aos proprietários de indústrias, de forma mais clara possível, os benefícios da industrialização da construção e ser cauteloso a respeito dos custos em relação a edificações construídas segundo métodos tradicionais.

e. Saber por que, como e onde usar sistemas construtivos industrializados e quanto eles atendem as necessidades de um determinado projeto. Assim como descrito anteriormente, alguns edifícios industriais terão dificuldades em ser executados de forma pré-fabricada, principalmente no que diz respeito a juntas e materiais utilizados. O projetista deverá ser o responsável por levantar todos os benefícios e desvantagens advindos da pré-fabricação caso a caso. Alguns dos elementos para essa análise serão descritos a seguir.

11. PROJETO DE EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS COM SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS

Conhecem-se sistemas construtivos muito completos para as construções industriais, desenvolvidos durante todo o século XX, sendo que apenas alguns deles ainda encontram-se disponíveis no mercado. As diferenças principais entre eles estão nos materiais, sistemas estruturais e tecnologia que define a sua integração. A busca por essas soluções tem seu incentivo na sistematização da construção, utilizando-se como base a organização modular, a idéia e desenvolver ao máximo as partes da edificação e integrá-las de forma que funcionem como um conjunto.

O princípio atual da pré-fabricação não é desenvolver um único produto ou sistema fechado que possa solucionar todas as questões programáticas do edifício industrial, mas, criar ferramentas e diretrizes para a solução de diversos problemas. Acredito, no entanto, que as soluções “genéricas” poderão conduzir a edifícios de interesse e que respondam com qualidade às características funcionais além de provocarem interesse sob o aspecto formal.

O desenvolvimento de “softwares” será fundamental dentro deste campo de atuação. Os CAD permitem a resolução de problemas complexos de compatibilidade de instalações e modulação dos sistemas. Um interessante exemplo neste sentido é o trabalho do Professor Fritz Haller na Universidade de Karlsruhe, na Alemanha. Haller foi o arquiteto da fábrica da USM, referência da pré-fabricação do edifício e mobiliário na Arquitetura Industrial, já apresentado brevemente. O sistema ARMILLA, como ficou conhecido, utiliza-se dos “softwares” CAD para a resolução de problemas de integração de infraestrutura e estrutura portante do edifício. Todo o planejamento se dá de maneira tridimensional. O tipo de estrutura utilizado no sistema MAXI-MINI-MIDI, resultante desse planejamento, é metálico. Percebe-se, no entanto, limitações formais em relação a este sistema que se apresenta como o “estado da arte” em relação ao nível de pré-fabricação e controle da execução de edifícios industriais em todos os seus componentes. Será difícil atender à multiplicidade de configurações de construções industriais, sendo assim, não podemos deixar de lado nenhum tipo de material disponível para esse fim. Encontram-se exemplos muito interessantes a respeito de soluções estruturais. De fato, já se percebeu as

vantagens advindas de edificações industriais realizadas de forma mista, muitas delas em pilares de concreto pré-moldado e coberturas metálicas, conforme será apresentado a seguir.

Figura 115 - Planta esquemática USM, Fritz Haller, Münsigen, SUI. Pode-se verificar as diversas fases de expansão da fábrica.

O Brasil ainda se apresenta muito aquém de iniciativas de tal ordem dentro da construção industrializada. A tradição construtiva brasileira e as empresas aqui instaladas fazem com que o concreto armado seja o mais utilizado, seguido pelo aço, que vem ganhando força nos últimos anos apesar do alto valor deste material no mercado internacional, e por último, em menor importância dentro da arquitetura industrial, encontramos a madeira.

Na maioria dos exemplos práticos, a pré-fabricação é trabalhada apenas na estrutura e os vãos e instalações continuam a ser realizados segundo os métodos tradicionais. A maior parte dos sistemas foi importado há décadas e permanecem tal como eram, com pequenos desenvolvimentos no sentido de cálculo de estruturas e desenvolvimento do conhecimento a respeito dos materiais. A falta de normatização do setor é um dos maiores adversários ao crescimento. Obras com inovações tecnológicas encontram dificuldade na obtenção de financiamento junto aos bancos públicos, o que deverá ser atentado, uma vez que as edificações industriais exigem vultuosos investimentos.

A eleição do sistema pré-fabricado a ser utilizado dependerá de diversos fatores, dentre os quais a disponibilidade no mercado e do

preço dos materiais no momento da construção, características técnicas (modulação, dimensão dos maiores vãos, suporte de cargas). Os materiais de construção e estruturais devem seguir princípios do planejamento do processo de produção, descritos em capítulo anterior. A forma construtiva das naves industriais deve acoplar-se sempre ao tipo de maquinário que se pretende albergar, sendo determinante a previsão de pontes rolantes, cadeias de produção, etc.

“Todos os sistemas – o concreto convencional, o pré-fabricado, a estrutura metálica – são típicas respostas de planejamento, cabendo aos planejadores determinar a estabilidade, a segurança, a durabilidade, o processo de execução e o resultado arquitetônico artístico.” (BROOS, 1989, p.93)

As propriedades a serem observadas na escolha dos materiais estão descritas abaixo:

PROPRIEDADES QUE INTERESSAM NA ESCOLHA DOS MATERIAIS		
1. Resistência	I.1. Mecânica	- Esforços (tração, flexão, etc) - Erosão - Abrasão
	I.2. Física	- Calor ou Frio - Dissolução pelo produto - Transformações
	I.3. Química	- Corrosão devida ao ambiente atmosférico - Corrosão devida ao ambiente da Fábrica - Corrosão devida ao processo
2. Propriedades Físicas		- Condutividade Térmica - Coeficiente de Dilatação - Densidade, etc.
3. Aspectos de Segurança		- Incêndios - Explosões - etc.
4. Facilidades Econômicas		- Custo de material - Custo de montagem - Custo de manutenção

11. 1. Materiais

a. ConCreto armado

O uso, no Brasil, dos pré-fabricados em concreto armado é o mais freqüente. No entanto, apesar da grande quantidade de usinas fabricantes de peças em concreto armado encontrada hoje em dia, o detalhamento destas peças ainda é pouco desenvolvido, o que gera problemas de junções e tolerâncias dimensionais nos sistemas existentes.⁵¹

As estruturas funcionam, em geral, em pórtico, pórtico com vigas de cobertura em grandes vãos (galpões), em esqueleto (com núcleo de rigidez moldado *in loco* ou pré-moldado), estrutura formada por paredes (sistema “envelope”), estruturas de baixa altura com pilares interiores engastados na fundação, estruturas mistas. Não há limites técnicos em relação ao número de pavimentos da edificação. Executam-se edifícios de grande altura, por exemplo, 20 pavimentos (com núcleo de rigidez e algumas paredes moldadas *in loco* e com armadura reforçada para resistir aos esforços de cisalhamento).

Os elementos construtivos usuais são pilares, vigas (terças, vigas retangulares invertidas, vigas retangulares para pisos, vigas invertidas, vigas “I” retas, vigas “I” com inclinação, vigas principais de cobertura), lajes (alveolares, duplo “T”, Pi, pré-lajes treliçadas, “steel deck”), telhas, cálices para fundação e escadas. Podem ser executados elementos especiais, como calhas de água pluvial, eletrodutos, outras instalações, mantas impermeabilizantes e revestimentos, todos realizados em fábrica. Além destes, vigas platibanda, vigas de cobertura, vigas calha, viga de peitoril, insertes metálicos, ligações parafusadas, consolos metálicos, paredes planas compostas ou não. Dependerá do catálogo de elementos de cada fabricante, em função das fôrmas disponíveis. Através de fôrmas especiais podem, inclusive serem executadas peças para seção de abóbadas ou cascas, sendo que é viável a execução até mesmo de peças que geometricamente configurem-se como parabolóides hiperbólicos. Convém que os detalhes das peças sejam simples. Ligações complexas, justificáveis apenas em áreas sujeitas a terremotos.

⁵¹ CAMPOS, Paulo Eduardo F. de, Capítulo II , Manual de Pre-fabricação. Publicação da Associação Brasileira da Construção Industrializada ABCIC.

O material possui alta condutividade térmica uma vez que, para que se adapte ao nosso clima tropical, deveria haver um maior cuidado no detalhamento das peças, principalmente de vedação de coberturas e fachadas. Essas soluções tecnológicas, apesar de não disponíveis no mercado brasileiro, nasceram junto com os primeiros sistemas de pré-fabricação em concreto armado para os edifícios industriais desenvolvidos em continente europeu. O Sistema Imbau, do fabricante alemão Imbau Spannbeton GmBG & Co., de Leverkusen, utilizado na década de 50, possuía placas de fachada executadas em três capas, sendo as duas capas externas de concreto armado e a camada interna em material isolante térmico. No mais, o sistema consistia em galpões executados com pilares engastados às fundações e vigas de cobertura protendidas apoiadas sobre vigas de borde conectadas livremente aos pilares. Foi projetado para módulos de galpão de 40,00x60,00 metros, que podiam ser em um único pavimento ou verticalizados, e o módulo estrutural era de 5,00 metros. O módulo básico, utilizado ainda hoje, tanto para o concreto pré-moldado quanto para o aço, no entanto, é de 300mm (3m), porém trata-se de Sistema padronizado, ou seja, podem se utilizar diversas seções e comprimentos, apenas ajustando-se as fôrmas em fábrica. A modulação não é impositiva, mas influi no custo. A modulação baseada na largura e comprimento da laje é a ideal.

No caso do sistema DYWIDAG-MONTAGEBAU, do fabricante Dyckerhoff & Widmann KG, de Munique, os painéis de fechamento de fachadas em duas camadas eram executados inteiramente em concreto pré-moldado, sendo que utilizava-se exteriormente o concreto pesado e interiormente o concreto leve, formando-se uma camada intermediária de ar, que propiciava alto índice de desempenho térmico.

Em geral, estruturalmente, os edifícios industriais em concreto pré-moldado apresentam formas e elementos semelhantes. Os diversos sistemas patenteados, buscavam, no entanto, diferenciação nas juntas e formas das peças. O sistema Normko, de Essen, da década de 50 do século passado, tinha como diferenciação as vigas de cobertura executadas como cascas autoportantes com seção semicircular. Além de conferir aspecto formal interessante às edificações em dente de serra, adequavam-se perfeitamente à execução de sheds de ventilação e iluminação das áreas produtivas.

Outros sistemas, como o alemão S.T.F. (Stahlbeton – Fertigbau), um pouco mais completos, ainda previam peças especiais

e mais leves para a construção de diversos pavimentos e peças especiais para pontes rolantes, com vigas de vão luz de até 30 metros de comprimento sem apoios intermediários. Neste caso, as placas das coberturas, também eram executadas em placas planas em concreto especial. O sistema alemão Rostan, por sua vez, também previa a cobertura executada em elementos de concreto, neste caso vigas calha de até 3,00 metros de largura e comprimento de até 24,00 metros. Este sistema não destinava-se apenas à construção de edifícios industriais como tinha a qualidade de poder ser utilizado para a execução de edifícios de escritórios. Neste caso, permitia pavimentos livres com fachada livre e janelas corridas, segundo os princípios da Maison Domino de Le Corbusier.

Segundo VASCONCELOS (2002, p. 13), parece que a primeira utilização em larga escala de elementos pré-moldados em concreto ocorreu na execução do hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro, realizada pela empresa dinamarquesa, com filial no Brasil, Christiani-Nilsen, no ano de 1926. Na arquitetura industrial, no entanto, ocorreu tempos depois através da construtora Mauá, especializada em fábricas. Apesar do grande hiato entre 1926 e a década de 50, este parece ser o segundo capítulo da pré-fabricação em concreto armado no Brasil. Executaram-se então vários galpões, com destaque para a tecnologia utilizada em alguns deles de pré-fabricação no canteiro de obra, onde as peças eram executadas deitadas, uma sobre as outras, sendo separadas apenas por meio de um papel parafinado. A interessante técnica permitia a execução de até 10 peças, uma sobre as outras. Não era necessário esperar que o concreto endurecesse totalmente. São importantes exemplos de obras desta construtora a fábrica ELCLOR, em Rio Grande da Serra, o Curtume Franco-Brasileiro, em Barueri, a Fábrica da AEG, em Jundiaí, a ampliação do edifício da fábrica da Ideal Standard, em Jundiaí e a cobertura pré-moldada do Pavilhão da Atlas –Copco, em São Paulo. No caso do Curtume Franco-brasileiro as tesouras da cobertura foram executadas em forma de viga Vierendeel curva, o que demonstra mais uma vez a ampla gama de possibilidade de execução de peças diferenciadas.

Cada uma das empresas, mesmo no Brasil, caracterizava-se por um produto típico. No caso, por exemplo, da CONSID, uma das maiores empresas de pré-fabricados do país, esta peça era a telha protendida leve de seção W, que surgiu em 1969, para a fábrica de Papel Simão, em Suzano, com vão de 21,8m (VASCONCELOS, 2002, p.45).

Um dos primeiros sistemas em concreto armado para

edificações industriais foi publicado no Brasil, na Revista Acrópole, durante a década de 50, tendo sido utilizado na fábrica da Pirelli S.A. Cia. Ind. Brasileira, no Rio de Janeiro, brevemente descrito no capítulo a respeito da História da Edificação Industrial. O sistema utilizado na época chama-se Toschi (criado pelo engenheiro Luis Toschi).

edibras patentes **TOSCHI**
 estruturas de concreto armado pré-fabricado

as armaduras TOSCHI constituem uma interessante contribuição para o problema de cobrir vãos relativamente grandes de forma rápida e econômica, mediante estruturas de construção simples e de baixo custo, sendo ainda desmontável, pelo que achamos, terão uma acolhida favorável.

um adiantamento técnico
 e uma economia real em
 construções industriais

edibras
 construções gerais ltda.

São Paulo • Rua Quirino de Andrade, 219 - 11.º - s/111
 fone: 32-9018

Rio de Janeiro • Rua Rodrigo da Silva, 18 - 12.º - s/1202
 fone: 22-6171

Belo Horizonte • Avenida Amazonas, 191 - 9.º - conj. 908
 fone: 2-8192

Figura 116 - Anúncio Edibrás. Fonte: Revista Acrópole 208.

As premissas principais deste sistema, que se baseava em elementos construtivos em peças pré-fabricadas de concreto armado vibrado, eram a elasticidade de soluções estruturais e a possível desmontagem das estruturas para que estas pudessem ser integralmente reintegradas em outro local ou que simplesmente pudessem responder à evolução e articulação de problemas futuros. Os pilares eram em concreto armado pré-moldado comum e as peças da cobertura em concreto protendido. Descrevem que nessa época a solução mais econômica seria a madeira, no entanto, o concreto pré-moldado, de custo inferior ao aço oferecia garantias ao material armazenado contra o perigo de incêndios, e oferecia a vantagem de um menor prêmio de seguro em relação às estruturas em outro material.

São, portanto, vantagens do material uma boa resistência mecânica, grande inércia, resistência prolongada a incêndios e baixos custos de manutenção. O concreto protendido, por sua vez, é utilizado para estruturas que devam vencer grandes vãos. Utilizam-se geralmente as peças com tamanho padrão para a construção de edifícios industriais, mesmo que causem áreas desnecessárias tanto

em planta como altura dos pavimentos. O programa de produção normal é o que prevê naves com luz de 7 a 15 metros. Vãos maiores não são muito comuns e exigem projetos especiais. As peças com dimensões especiais podem ser produzidas sem que sejam gerados problemas técnicos e de execução, no entanto, significarão custos adicionais à obra, o que fará com que a relação entre o custo ainda mais baixo da construção convencional com a construção pré-fabricada dispare e coloque em risco a relação custo-benefício.

No caso de vigas em concreto-armado não protendido, podemos falar em vãos de até 24 metros, e no caso de vigas protendidas, em vãos que giram em torno de 40 metros. Em função da dimensão das peças os canteiros de obras, devem ser projetados, de forma a não haver inconsistências entre o maquinário necessário e espaço para execução da obra. Isso fica mais evidente em casos de obras urbanas.

O material, no entanto, possui desvantagens em relação ao seu peso próprio, que onera os custos com fundações e transportes, principalmente. No caso das estruturas em concreto armado pré-moldado, em fábrica fixa, é necessário que as peças possuam armaduras extras e seções superdimensionadas para resistir aos esforços de transporte e manuseio. Não é recomendado para locais sujeitos a temperaturas elevadas e à projeção de metais em fusão, segundo VALLE (1975, p.262).

As estruturas em concreto pré-fabricado são indicadas principalmente para obras onde exista grande repetição de elementos estruturais. Edifícios de pequeno e médio porte com variações estruturais freqüentes podem ser mais econômicos em estruturas metálicas.

O material vem sendo desenvolvido em novas formas de uso, podendo ser mesclado com agregados diversos que modificam sua resistência e seu peso. No caso das estruturas pré-moldadas sempre é necessário se observar o dimensionamento das peças em função do transporte disponível e das áreas necessárias para a montagem.

Pode ser reciclado, apesar de no país não se conhecerem muitos casos.

VALLE (1975, p.260) observa que indústrias com a possibilidade de serem ampliadas ou que possam sofrer alterações freqüentes nos sistemas de transporte interno e na instalação de dutos e de tubulações, que se utilizam da estrutura como apoio, têm desaconselhado o uso do concreto, a não ser que os apêndices estruturais e reforços necessários sejam antecipadamente previstos e incorporados ao projeto.

A respeito do concreto armado pré-moldado para edificações industriais, Campos observa:

“Normalmente, as construções industriais requerem vãos maiores e soluções simples para coberturas e fachadas. As construções são normalmente projetadas com sistemas com traves aporticadas, onde a estabilidade é conseguida pelo engastamento dos pilares nas fundações. Pisos intermediários (mezaninos) podem aparecer em toda a construção ou em partes da mesma. Neste caso, os vãos variam entre 8/12 m e 15 m ou mais, onde a sobrecarga varia entre 5 kN/m² até 1.5/2 kN/m². Para a combinação para os maiores vãos e sobrecargas, os elementos de painéis nervurados protendidos em duplo T são a única solução. Para outros casos, também utiliza-se elementos de laje alveolar protendida.

Os sistemas para cobertura podem ser em concreto, concreto celular ou materiais leves como telhas corrugadas de cimento com fibras ou metálicas. A escolha para o tipo de cobertura depende basicamente das condições climáticas. Em regiões frias, predominam os painéis nervurados de concreto, principalmente devido à sobrecarga de neve, mas também por requisitos de durabilidade. Por outro lado, em países quentes a cobertura de concreto é mais interessante do que a metálica devido à sua capacidade térmica.

Uma solução alternativa para o sistema de trave aporticada consiste em empregar um elemento de laje nervurada em duplo T com mesa em duplo caimento para telhado duas águas, sendo que este elemento apoiado diretamente em painéis estruturais na fachada (Figura 2.11). Essa solução oferece grandes espaços internos abertos, com vãos de até 32 m, com comprimento modulado em 2,4 m. O pé direito pode alcançar até 8 m. Os pisos intermediários podem ser utilizados em partes ou em toda a planta da construção. Os painéis nervurados protendidos em duplo T são caracterizados por sua leveza e por vencerem grandes vãos.” (Manual Técnico de Pré-fabricados de Concreto, 1986, ABCI)

Nas construções em concreto armado pré-fabricado, as fôrmas, são executadas em aço, e são de diversos tipos, conforme exemplos, ou mais sofisticadas. Os pilares ou pés-direitos costumam ser embutidos. Existem também patentes para moldes de alturas variáveis assim como inclinações graduais de forma que se possa concretar qualquer tipo de viga. A maioria das empresas brasileiras trabalha com catálogos de peças muito parecidos, desenvolvidos em esforço conjunto na década de 80, mas que deveriam ser revistas. A norma brasileira NBR-9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado - data de setembro 1985 e a publicação anteriormente citada do ano posterior, 1986, pela ABCI – Associação Brasileira da Construção Industrializada, com o título de “Manual Técnico de Pré-fabricados de Concreto”.

Os edifícios resultam em estrutura pesada, pouco flexível a modificações simples, o que faz com que em poucos anos muitas destas edificações se tornem obsoletas ou exijam grandes obras para modificações de uso. As juntas entre os componentes requerem em muitos casos o engaste através de esperas em aço solidarizadas mediante a concretagem dos nós após a implantação das peças na sua posição de uso. Este tipo de solução impede modificações posteriores sem prejuízos estruturais e das peças. Os países desenvolvidos atualmente vem buscando sistemas abertos que através do desenho estrutural permitam o maior flexibilidade de uso e possuam qualidades de responder a questões ambientais e de funcionalidade em diversas localidades buscando que as partes fixas que tenham que se manter inalteradas (estrutura, instalações técnicas) sejam mínimas como o possível. Para que isso seja possível, os elementos constituintes do edifício como estrutura de suporte, vãos externos, divisórias internas, e instalações, devem ser desenhados de forma independente mantendo-se apenas condições adequadas de conexão. Os componentes são separados e classificados segundo características funcionais e são escolhidos e integrados com base em um planejamento global da edificação. Cada um dos elementos pode ser escolhido e modificado sem alteração das outras partes.

Segundo CAMPOS⁵²:

“(...) é preciso vislumbrar o futuro: as novas tecnologias à base de cimento, tais como o CAD e os compósitos; as inovações tecnológicas aplicadas na execução de obras recentes consideradas emblemáticas; e principalmente a contribuição do setor à superação dos enormes déficits quantitativos e das carências qualitativas existentes nos países em desenvolvimento. Estes são alguns dos temas que podem apontar para a visão de futuro do segmento de pré-fabricados de concreto no Brasil, lançando metas e visões propositivas que venham a fundamentar a opção por esta ferramenta tecnológica, a partir da apresentação detalhada de obras nacionais e internacionais que sirvam de modelos ou efeitos demonstrativos do potencial da pré-fabricação.”

Figura 117 - O desenho representa o gráfico de momento fletor sobre uma estrutura de concreto armado pré-moldado. O projeto em questão é a Fábrica da Permetal, projeto do escritório Rino Levi Arquitetos Associados. Fonte: BRUNA, 1989, p.63 In. Revista Projeto no.121.

Esta solução específica nasceu de uma “insatisfação com a solução proposta pelos sistemas pré-fabricados existentes, nos quais o pequeno espaço disponível na cabeça dos pilares não resolve, convenientemente, a transmissão dos esforços, sobretudo quando provenientes de pontes rolantes de grande capacidade. A solução foi executar um engastamento rígido entre pilar e viga, transferindo a junta para um ponto próximo do momento fletor nulo(…).” (BRUNA, 1989, p.63)

⁵² <http://www.abccic.com.br>, acesso em 07.11.2008 às 14:48:30 h.

b. aço

“O uso do aço laminado nas estruturas industriais oferece como principais vantagens a leveza, no caso de grandes vãos, se comparada à estrutura de concreto, a facilidade e a rapidez de montagem e a possibilidade de futuras alterações, de reforços e mesmo de desmontagem e transferência de local.” (VALLE, 1975, p.263)

De fato, executam-se estruturas em aço em função da rapidez de execução, facilidade de transporte, que geram menores custos de construção (em alguns casos, não levando em conta o preço do material), obra de simples montagem e menores tolerâncias dimensionais.

Como apresentado anteriormente, a pré-fabricação metálica exige menor padronização dos elementos do que as estruturas em concreto pré-moldado. De fato, os edifícios em estrutura metálica serão sempre considerados pré-fabricados uma vez que a estrutura principal é formada por componentes que serão aparafusados e soldados em obra, no entanto, que já chegam ao canteiro fabricados em usina para montagem. Podemos começar a falar em peças, tanto neste material como em concreto armada, produzidas e desenvolvidas no Brasil somente após a década de 40 com a criação da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional). Antes desse período as treliças metálicas, muito utilizadas nos galpões industriais eram importadas de países como Escócia e Inglaterra.

A já apresentada, no capítulo da História da Edificação Industrial, fábrica da Arno, de autoria do Arquiteto Rino Levi, foi projetada com a utilização de vergalhões cilíndricos do mesmo tipo utilizado nas armaduras de estruturas de concreto armado, que foram soldados constituindo treliças espaciais de seção triangular, solução que foi seguida em outros projetos realizados pela mesma empresa de estruturas metálicas, a Sociedade de Moderna Estruturas Metálicas, “Mem” Ltda., de São Paulo.

Os sistemas estruturais mais comuns para as edificações industriais em estrutura metálica são as grelhas contraventadas, formado-se elementos estruturais triangulares ou, como apresentado no capítulo anterior, os pórticos, para os galpões. O primeiro caso ainda é mais comum em função da economia de material. A resistência elevada à tração, conseguida com o uso do aço, permite ainda a execução de interessantes estruturas atirantadas, que podem

Figura 118 - Hangar Cargolifter, SIAT GmbH, Brand, ALE, 2000.

Consiste em um hangar para grandes aeronaves de carga e dirigíveis. A estrutura possui 107 metros de altura, 210 metros de largura e 360 metros de comprimento, o que a torna uma das maiores estruturas do Mundo sem apoios intermediários. A estrutura foi resolvida em treliças metálicas em arco, e fundação em concreto armado. A leveza do material e resistência à compressão e tração fazem com que seja possível a construção de um edifício destas dimensões.

Figura 119 - "New South Wales Government Stores", Harry Seidler & Associates, Sydney, AUS, 1968. Fonte: JÜTTNER, 2004, p.67.

funcionar como apoios intermediários em vigas e criar imensos vãos livres de pilares. Sob ponto de vista econômico deverá ser observada pelo projetista e calculista a disponibilidade de perfis soldados ou laminados, o fato da base da coluna ser engastada ou rotulada e a opção em estrutura de alma cheia ou treliçada.

Outra forma de se conseguir grandes vãos, com casos conhecidos da ordem de 210m de vão, em hangares para aviões é a utilização de arcos. Os arcos funcionam principalmente a compressão e a não exigência a suportar esforços de tração os permite ser muito leves. Estruturas apenas tensionadas podem ser mais leves que as estruturas em arco, no entanto, exigirão ancoragens mais resistentes. Estruturas em treliças espaciais também são amplamente utilizadas em construções industriais, no entanto, funcionam adequadamente apenas para casos onde a função é simples proteção e cobertura dos espaços. Estas estruturas em geral, não deverão suportar elementos pendurados, a não ser que sejam uniformemente carregadas, segundo criterioso projeto estrutural. O detalhamento deste tipo de estrutura é fundamental, pois a resistência pode variar decisivamente dependendo do tipo de elemento de união dos tramos. No Brasil, é muito comum encontrar este tipo de estrutura com os tramos em tubos amassados nas pontas, Este tipo de detalhamento gera grandes problemas estruturais, uma vez que se modifica a resistência do metal no amasse e problemas em momentos de manutenção, uma vez que a retirada de um único tramo pode significar a desmontagem quase que total de um pano inteiro da estrutura.

Dentre sistemas antecedentes para a arquitetura industrial podemos citar o sistema USM, suíço, projeto do Arquiteto Fritz Haller, que será melhor descrito a seguir, ou o Sistema Hoesch, de Dortmund, que tinha como premissa a execução dos elementos estruturais da forma mais semelhante possível, simplificando-se a produção e a montagem das peças, o que de fato pode ser conseguido devido às características de resistência do material e à leveza estrutural. Os fechamentos destas estruturas se davam através da utilização de placas ISO, que podiam ser facilmente instaladas com a utilização de parafusos especiais. Este sistema buscava a facilidade de manutenção estrutural e de instalações, uma vez que a desmontagem de elementos era muito simples e as peças apresentavam peso reduzido.

Dentre as desvantagens do material podemos destacar a corrosão e baixa resistência ao fogo. No caso de escolha por estruturas revestidas, convém escolher as pré-pintadas, ou pintadas em fábrica, que resultam em maior durabilidade do revestimento, garantia de qualidade, maior aderência, maior cobertura e economia de tempo em mão-de-obra. O usual é utilizar sistemas de revestimento triplo das peças, realizado em fábrica, que garante ao aço uma resistência de 15 a 20 anos até que comece a ocorrer a corrosão. Quanto à resistência ao fogo, o aço pode ser deformado facilmente. Isso exige tratamentos especiais da estrutura que podem significar grande desvantagem econômica em relação a outros materiais. Dias (p. 149, 1998) observa que existe a NBR 5627 – “Exigências particulares das obras de concreto armado e protendido em relação à resistência ao fogo”, no entanto, não norma para estruturas metálicas em situação de incêndio. O cálculo é realizado, portanto, com base em duas horas de resistência ao fogo. Assim, “o cobrimento das peças sem revestimento deve ser de 45mm, para os pilares, de 20 a 45mm, para as lajes e de 40 a 65mm, para as vigas”.

As vigas metálicas suportam maior carga que as vigas em concreto, se considerarmos a mesma seção. Isto permite vãos maiores e otimização dos pilares. Em geral, se utiliza a estrutura metálica no Brasil para vencer grandes vãos de coberturas industriais, por meio de treliças ou perfis laminados, mas, dispostas sobre pilares pré-fabricados em concreto.

Utilizam-se, na maior parte dos casos, perfis H, I, U e cantoneiras de abas iguais ou desiguais. As estruturas executadas com o uso destes perfis facilitam a fixação de tubulações, calhas, dutos e sistemas de pontes rolantes.

No caso de estruturas em ambientes industriais não muito agressivos e distantes mais de 600m da orla marítima, podem ser utilizados aços patináveis – que formam uma camada de óxido protetor (pátina) ao ar livre. A vantagem é não necessitarem pintura. No caso de ambientes agressivos, este aço, sem estar revestido, ainda possui maior resistência do que o aço carbono, no entanto, o correto é que seja revestido por pintura. Nestes casos ainda convém que se utilizem os aços patináveis, uma vez que o desempenho em relação à aderência dos revestimentos é no mínimo duas vezes superior ao mesmo revestimento quando aplicado sobre aço-carbono comum, conforme observa Dias (p.33, 1998).

Muitas empresas – inclusive Siderúrgicas - possuem sistemas próprios para a fabricação de vigas de todo o tipo para a construção de galpões padronizados, em diversos vãos livres entre os suportes, com ou sem iluminação zenital, com ou sem pontes rolantes, naves laterais, etc. Uma das vantagens deste tipo de sistema é que podem ser facilmente desmontados e transportados para outras localidades ou alterados, em função principalmente de modificações exigidas pela produção da indústria. O Palácio de Cristal, apresentando na primeira parte deste trabalho, é um interessante exemplo dessa transitoriedade alcançada com as estruturas metálicas. Construído para permanecer apenas por um ano no local para o qual foi projetado, após a exposição Universal foi desmontado e reerguido em outro local, no qual permaneceu mais 84 anos, até passar pelo incêndio que o destruiu.

As vantagens desse material ainda são facilmente percebidas em construções industriais, como é o caso das plataformas petroleiras. As necessidades de leveza e facilidade de transporte, comprimento das peças e montagem fazem com que o único sistema viável seja a estrutura metálica.

Assim como descreve PINHO (2005), no mercado brasileiro da construção em aço predominam as estruturas em pavimento único destinadas ao uso comercial e industrial. “Com a introdução no mercado brasileiro dos perfis laminados de abas paralelas do tipo W os galpões em pórtico (descritos no capítulo sobre tipologia) ampliaram a sua competitividade com soluções simples, limpas, rápidas e econômicas.”

b. Madeira

A madeira perdeu lugar de utilização para as estruturas de aço e de concreto. Sua utilização limita-se a ambientes industriais altamente corrosivos de indústrias químicas, onde o concreto e aço não podem ser utilizados. VALLE (1975, p. 264) ainda cita o caso de certos laboratórios de pesquisa onde não é admitida a influência de forças magnéticas em seu interior. Possui a grande desvantagem em relação aos materiais anteriormente citados no que se refere à sua resistência ao fogo.

No caso do uso deste material, podemos considerar vãos de até 35 metros. É, no entanto, uma alternativa viável para diversos usos, além dos usos descritos acima. Podem ser utilizados vigas ou arcos em laminados de madeira colados, que formarão elementos a serem montado em canteiro, assim como ocorre no concreto pré-moldado e aço. Os arcos para as coberturas em estrutura de madeira até o chão, significam economias significativas em vedações e outros elementos. Aproximam-se das formas econômicas de ocas e iglus.

Figura 120 e 121 - Estaleiro em Morges, Bois Consult Natterer, SUI, 1995. Fonte: JÜTTNER, 2004, p.98 e 99.

A construção deste galpão nasceu de um projeto para construção de uma galera, comum na região, do século XIII ao século XVII. Utilizou-se, portanto, da mesma mão-de-obra para as duas atividades, existindo semelhanças estruturais e tecnológicas, apesar da contemporaneidade do edifício abrigar a atividade principal, que tem caráter transitório.

No uso de cada um destes materiais, as principais diferenças de desenho estarão nas juntas que responderão às características específicas de resistência de cada um dos materiais. No caso da madeira, conexões de três elementos nas juntas serão mais comuns para que se reduza a ação do momento nos cantos. As estruturas em madeira adquirem importante resistência natural ao fogo – assim como ocorre com o concreto pré-moldado – apenas sendo sobredimensionadas. O princípio é que após o tempo de segurança ao fogo determinado em projeto, a estrutura permaneça com seção não queimada suficiente para o suporte das cargas da cobertura do edifício. As estruturas em madeira, no entanto, devem ser desenhadas de forma que a madeira não fique exposta diretamente à umidade e chuvas.

A madeira não tratada pode ser molhada, contanto que se criem detalhes arquitetônicos que permitam o rápido escoamento da água. Utilizam-se em geral, perfis de zinco em forma de “S” entre os pavimentos e vigas para escoar a água. Da mesma forma, a estrutura em madeira não entra em contato direto com o solo ou com os pilares de fundação, separadas por parafusos ajustáveis. As fundações são realizadas in loco por meio de sapatas isoladas ou contínuas, geralmente em concreto armado.

Em áreas alagadas permanentemente, as fundações podem ser realizadas em estacas de madeira, assim como por exemplo, nos galpões da Companhia Matarazzo, localizados ao lado do Rio Pinheiros, no Jaguaré, em São Paulo. Vale reiterar que o encharcamento do terreno deve ser perene, uma vez que seca e alagamentos aceleram o processo de apodrecimento da madeira.

Figura 122 - Edifício de Montagem indústria de mobiliário Tobias Grau, Bothe Richter Teherani Architekten, Hamburg-Rellingen, ALE, 1998. Fonte: JÜTTNER, 2004, p.120 e 121.

c. Outros Materiais

Alguns novos materiais compósitos já são realidade dentro da construção civil. Dentre os mais comuns, podemos destacar as telhas metálicas do tipo “sanduíche”, com camada interna isolante térmica, apresentada anteriormente e os painéis do tipo GFRC, que são fabricados em concreto armado com fibra de vidro o que resulta em peças mais leves e conseqüentemente menor carga da estrutura.

O uso de painéis de fachada, como é o caso do GFRC, reforça-se uma vez que a precisão na execução das peças reduz retrabalhos nas esquadrias e perdas de materiais. Além disso, chegam à obra revestidos de acabamento externo ou o próprio concreto tingido, de maior resistência e controle tecnológico do que os revestimentos realizados in loco. Não existem limitações do tamanho das peças, neste caso deverá ser levado em conta o transporte e os guindastes e gruas utilizados na obra para içamento das peças. Existem também painéis autoportantes para fachadas, que são produzidos com função estrutural, com sua resistência determinada em projeto e fabricados conforme as especificações determinadas.

No caso de divisórias internas e alguns usos externos, é cada vez mais comum o uso de placas de gesso acartonado de diversos tipos. Utilizado há mais de cem anos, em países como os Estados Unidos, permitiram a execução dos maiores arranha céus do mundo, em função de seu baixo peso. Podem ser resistentes ou não à umidade. Possuem ainda a vantagem de estarem normatizados.

1. Resistência

- a. **Mecânica:** Esforços (tração, flexão, etc.), Erosão e Abrasão.
- b. **Física:** Calor ou Frio, dissolução pelo produto, transformações.
- c. **Química:** Corrosão devida ao ambiente atmosférico, corrosão devida ao ambiente da fábrica, corrosão devida ao processo.

Os carregamentos diversos aos quais estão submetidas as edificações industriais são: 1.Cargas dinâmicas e atrito (desgaste), 2.Cargas concentradas (efeito de punção), 3. Máquinas Operatrizes (peso próprio + peso de materiais em processo + impactos + vibração), 4. Maquinários pesados podem requerer amplo estaqueamento da estrutura e do piso principal da fábrica e 5. Pisos intermediários, escadas, plataformas, mobiliário, arquivos etc.

As estruturas industriais pré-fabricadas podem ter diversos tipos de fundação, que, em geral, são em parte moldadas in loco. O esqueleto estrutural pode ser portante ou não e é mais comum que o seja. Em geral, os grandes planos de fechamento de fachadas e coberturas são executados com peças leves com a única função de vedação.

Figura 123 - Carregamentos e Esforços diversos a que são submetidas as edificações industriais. Redesenho a partir de VALLE, 1974, p.261.

Ideal que se tenha em mente, no momento de se projetar um edifício industrial, as modulações de produção dos materiais, como forma de se reduzir o retrabalho e perdas durante a fabricação. No caso, por exemplo, das estruturas metálicas, o uso de vãos padronizados em 10, 12, 15, 18, 20, 25 e 30m pode reduzir o prazo de obtenção e possuir um custo unitário em relação a estruturas com vãos especiais, assim como descreve VALLE (1975, p.268). No caso da Arquitetura Industrial, há vãos muito utilizados em função da capacidade de carga dos materiais, modulação de produção dos mesmos, transporte e até mesmo maquinário a ser albergado. Tomando como base a análise de HUB (In. JÜTTNER, 2004, p. 37), as modulações típicas para edifícios industriais desenvolvem-se dentro da faixa de 14,40x14,40m até 24x24 m.

VALLE (1975, p.268) propõe a respeito dos custos das estruturas:

“- as estruturas em arco são as que melhor atendem as necessidades de grandes vãos e sua faixa mais econômica se situa acima dos 20m de vão, com afastamento entre arcos usualmente de 5 a 8m;

- as estruturas em duas águas atendem com vantagem à faixa de 10 a 25m de vão, com o afastamento mais usado de 6m entre pórticos ou quadros;

- as estruturas em shed são utilizadas para vãos que não excedam 20m, permitindo, entretanto, grandes afastamentos entre pilares no sentido longitudinal, originando normalmente módulos quadrados (vãos idênticos entre pilares nos dois eixos ortogonais), o que facilita a elaboração do arranjo físico para instalações que incluam grande número de equipamentos e postos de trabalho;

- as estruturas em concreto, mais pesadas e mais volumosas, não são indicadas para grandes vãos, salvo no caso de peças protendidas. Como solução mista, no caso de grandes vãos, pode-se adotar uma estrutura com pilares e vigas de concreto e com tesouras metálicas.”

HENN (p.43, 1960) apresenta breves estimativas para estimar os custos de construção de edificações industriais em relação à quantidade de material a ser utilizado, para auxiliar nas decisões ainda em fase de anteprojeto. Estas estimativas baseiam-se em normas alemãs (DIN 277). É claro que os valores podem variar em função de sobrecargas, vãos, características de concretagem e condições especiais de trabalho. Ainda devemos atentar para o fato deste levantamento ter sido realizado na década de 60. HENN ainda cita que no caso de edifícios em concreto armado, o uso de materiais depende principalmente de cargas e vãos, e menos da altura dos

pavimentos e qualidade dos materiais. No caso do concreto protendido, reduz-se sensivelmente o consumo de aço, no entanto, este deve ser de qualidade superior, e portanto, mais caro. O consumo de fôrmas varia pouco em construções verticalizadas; mas o reaproveitamento das fôrmas influi muito em plantas únicas. Uma maneira de se economizar em fôrmas é utilizar-se de peças de concreto pré-fabricadas.

No caso do aço, HENN atenta novamente para o fato de que o uso do aço é determinado pelas cargas e vãos, principalmente. Além disso, existe grande influência dependendo do tipo de contraventamento da estrutura (por triangulações, pórticos de rigidez, etc.). Quando se constroem núcleos de rigidez para escadas e elevadores, pisos e paredes em concreto armado, pode-se reduzir notavelmente o consumo de aço.

Tomando como base as características de custo relativas à questão de sustentabilidade, são necessários estudos aprimorados dos sistemas em concreto armado ou em estrutura metálica. Hewitt (p.01, 2003) comenta um estudo de caso realizado pela associação americana Eco balance. Foram comparados edifícios similares em estrutura de concreto armado e estrutura metálica. O resultado final, a respeito da energia empregada no processo de produção, demonstrou que, no caso do edifício em estrutura metálica possuindo 87% do material utilizado sendo reciclado, o sistema seria mais eficiente, no entanto, com índice menor de reciclagem o concreto se tornaria mais interessante.

Outra importante influência no custo da edificação é provocada pelas instalações. Os edifícios industriais, em geral, requerem uma grande quantidade de infra-estrutura. No caso de produções em plantas típicas, aproximadamente dois terços dos custos são para os acabamentos e infra-estrutura, enquanto que a estrutura portante da construção significam apenas um terço do total. HUB (In. JÜTTNER, 2004, p. 37).

A estrutura deve se espaçosa, para permitir a instalação das rotas de infra-estrutura que excedem as necessidades reconhecidas hoje em dia e não devem impedir a manutenção e reparação desta infra-estrutura, evitando-se situações de manutenção e instalação dispendiosas. Soluções verticais podem ser desejáveis para se reduzir os custos com instalações e com a manutenção do uso das instalações após o início das atividades produtivas.

No edifício industrial os espaços projetados e equipamentos necessários para que o edifício cumpra a sua função possuem uma relação muito próxima. Por exemplo, assim como descreve MASCARÓ (1985, p.4) em relação aos edifícios residenciais, o custo da circulação vertical varia fundamentalmente se o projeto prevê (ou não) o uso de elevadores.

CONSUMO DE MATERIAIS NOS EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS

Edifícios Verticais

- em concreto armado:

Estrutura em concreto armado, incluindo-se contrapisos

(vãos comuns, sobrecargas de 500-1500 kg/m²) =

0,08 a 0,10 m³/m³ edificado

Fundações e contrapiso=

0,05 a 0,08 m³/m³ edificado

Porão e teto do porão=

0,3 a 0,6 m³/m³ edificado

Galpões e oficinas=

7 a 11 kg/m²

1 m² de solo, dependendo da sobrecarga e vão requer, um consumo de aço=

5 a 15 kg

Caso a quantidade de aço se refere à superfície de pavimentos e não ao volume construído,

deduz-se o consumo de aço=

20 a 60 kg/m² de área

-em estrutura metálica:

Consumo de aço para vãos normais, sobrecarga de 500-1000 kg/m²=

10 a 25kg/m³

Consumo de aço para edifícios de escritórios, sobrecarga de 300-500 kg/m³ =

8 a 20 kg/m³

Adicionam-se a estes valores consumo de aço para os pisos em concreto armado, que ainda que pequenos representam de=

2 a 4 kg por m³ de volume edificado.

Grandes Galpões, Armazéns e Oficinas

- em concreto:

Estrutura em pórticos de construção normal, vãos de 15 a 25m,

pé-direito de 7 a 15m ; incluindo-se a cobertura,

no entanto, sem as vigas de pontes rolantes e nem mesmo as fundações=

0,01 a 0,02 m³/m³ edificado

Ou=

0,08 a 0,2 m³/m² de superfície edificada

Em concreto protendido, luzes de 35 a 60 m, altura de pé-direito de 5 a 10 m,

incluso a cobertura, no entanto, sem as vigas de pontes rolantes e fundações=

0,02 a 0,035 m³/m³ de volume edificado

Ou=

0,16 a 0,25m²/m² de superfície edificada

Consumo de aço em concreto convencional=

12 a 25 kg/m³ de superfície edificada

Consumo de aço em concreto Protendido=

30 a 50 kg/m² de superfície edificada

-em estrutura metálica: (Vão das estruturas de cobertura de 10 a 30m, distância entre as vigas de 5 a 25m, pé-direito de 10 a 20m. Peso de toda a construção do galpão (sem o revestimento da cobertura), por m² de superfície edificada)

Galpões de construção leve (com pontes rolantes de 2 a 10 t, sem passarelas)=

40 a 100 kg/m²

Galpões de construção de peso médio

(com pontes rolantes de 25 a 75 t e passarelas de até 1000 kg/m² de sobrecarga)=

100 a 200 kg/m²

Galpões pesados (com pontes rolantes de 150 a 250 t)=

200 a 400 kg/m²

Pesos de alguns elementos do edifício:

Estrutura de cobertura, ou seja, vigas, terças, contraventamentos,

lanternins; sem contar apoios, vigas baldrame, trilhos de pontes rolantes,

nem passarelas=

20 a 40kg/m² de superfície edificada

Terças=

8 a 15 kg/m² de área de piso

Estrutura das paredes=

12 a 25 kg/m² de parede

-de madeira:(Quantidade de madeira, sem revestimentos e sem levar em conta as perdas)

Armazéns em várias naves para mercadorias empilhadas, sem instalações de transporte, vão das naves de 6 a 20m e pé-direito de 5 a 10m=	0,03 a 0,07 m ³ /m ² de superfície edificada
quantidade de aço necessária =	15 a 30 kg/m ³ de madeira
Galpões de armazém para mercadorias a granel, com instalação de transporte, vãos de 20 a 35m, altura de pé-direito de 12 a 30m=	0,08 a 0,13 m ³ /m ² de superfície edificada
quantidade de aço necessária=	20 a 50 kg/m ³ de madeira
Galpões para oficinas, vão de 20 a 40m=	0,04 a 0,03 m ³ /m ² de superfície edificada
quantidade de aço=	20 a 60 kg/m ³ de madeira

Pequenos Galpões

-em concreto armado

Consumo de concreto em construção normal, vão de 8 a 20m, altura média de 4 a 6m , inclusa a cobertura=	0,15 a 0,25m ³ /m ² de superfície edificada
Consumo de concreto em construção em lâmina, vão de 10 x 24m= edificada	0,10 a 0,15 m ³ /m ² de superfície
Consumo de aço em galpões com vão de 8 a 20m, altura média de 4 a 6m, incluindo a cobertura =	8 a 20 kg/m ² de superfície edificada
Consumo de aço em construções com peças pré-fabricadas protendida=s	8 a 18 kg/m ² de superfície edificada
Consumo de aço em galpões com shed, vão de 6 x 15m=	17 a 20 kg/m ²
Consumo de aço em coberturas laminares ou em dente de serra, vão de 10 x 24m=	15 a 22 kg/m ²
Exclusivamente o shed=	8,5 a 12,5 kg/m ² de superfície edificada

-em estrutura metálica:Vãos das treliças das coberturas de 10 a 16m, distância entre elas de 5 a 11m e altura de pé-direito de 5 a 10m. Peso de toda a construção (sem o revestimento da cobertura):

Distribuição de aço necessário por m² de superfície edificada:,(A importância de outros elementos como passarelas, mezaninos, pode ser muito grande, representando consumo de aço de mais de 30kg por m2).

Cobertura=	20 a 40 kg/m ²
Apoios=	5 a 20 kg/m ²
Paredes=	4 a 8 kg/m ²
Vigas de pontes rolantes=	100 a 400kg/m
Galpões em shed:	
Vãos de 10 x10m e 6 x 12m=	25 a 50 kg/m2
Vãos de 10 x 20m=	45 a 65 kg/m2
Vãos de 16 x 20m=	60 a 70 kg/m3

-de madeira: (Edifícios em várias naves)

Tipo shed, com vão de (7 a 10m) X (14 a 20m)= edificada	0,05 a 0,10 m ³ /m ² de superfície
Consumo de aço=	40 a 90 kg/m3 de madeira

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A moderna arquitetura industrial no Brasil, desde o plano desenvolvimentista aplicado no governo JK, vem contemplando o projeto do edifício industrial aplicado às necessidades funcionais da “planta” de produção. Desde então, o incremento no parque industrial tem sido significativos, em várias áreas dessa atividade como indústria automobilística, petroquímica, alimentação, entre tantas outras. Verificou-se, a partir daí, a tendência para a adoção do projeto racional dos edifícios industriais, em larga escala, mesmo nas indústrias de pequeno porte, em função da produtividade que processos modernos trouxeram.

Assim, a forte industrialização centrada em grandes cidades – sobretudo a indústria da construção civil – promoveu o êxodo das populações rurais para o ambiente urbano, até o ponto que, em 2007, as populações urbanas superaram as rurais. (IBGE). Mesmo antes desse momento, grandes metrópoles, como São Paulo, sob ameaça de um colapso logístico, expurgaram as grandes indústrias para sua periferia imediata, ou para outros centros regionais, priorizando as atividades terciárias.

Até o século XX, o arquiteto não participava efetivamente do projeto do edifício industrial. Autores como James F. Munce observam que o arquiteto era apenas um decorador de fachadas. Assim como descreveu Fayeton (ver página 85) no artigo para o Primeiro Seminário Internacional de Arquitetura Industrial, realizado em 1960, em Varsóvia, o advento da era industrial colocou claramente em evidência a separação da técnica e da plástica. O engenheiro passou a ter o papel de resolver o problema das edificações industriais – edifício e maquinário – pautado pelo funcionamento mecânico e lei de economia. O arquiteto, responsável pelo caráter artístico das edificações, não se encaixou neste processo. Nasceram cidades industriais fadadas ao fracasso, gerando paisagens onde até hoje podemos notar a falta de atenção com a qualidade de vida dos operários, que tinham suas moradias em locais próximos, com condições totalmente insalubres. Estas cidades espalharam-se por todo o mundo.

O desenvolvimento posterior, a partir de meados do século XX, na Europa e em países como os Estados Unidos ou Japão, foi responsável pela importância atribuída ao arquiteto nestas construções. Ele será o profissional com visão global para coordenar as equipes interdisciplinares e auxiliar na busca de soluções para os aspectos formais, espaciais e técnicos. O repertório de obras e aprofundamento sociológico deste profissional será útil para conferir ainda, em alguns casos, um caráter subjetivo de obra de arte. Alguns dos edifícios mais importantes da história da arquitetura foram realizados por nomes como Behrens, Gropius, Mies van der Rohe, Le

Corbusier, nos princípios do século XX. Esta nova tipologia para edifícios industriais estabeleceu bases e questionamentos para uma nova tectônica. Influenciou o pensamento dos arquitetos permitindo que outras tipologias arquitetônicas alheias ao edifício industrial importassem componentes formais e funcionais desses edifícios, resultando numa visão moderna de fazer arquitetura, que ainda praticamos. Este processo estimulou o surgimento do Movimento Moderno, que entre outras coisas, aboliu o uso de ornamentações excessivas.

O próprio padrão arquitetônico industrial expandiu-se, uma vez que a indústria passou a se confundir com a cidade, fazendo com que o comércio, os centros de exposição e de desenvolvimento fizessem um elo entre o setor de serviços e de produção. Os arquitetos, no entanto, ainda hoje, nem sempre são chamados para contribuir no processo de projeto destas edificações. O caráter funcional conduz a soluções apenas técnicas, por profissionais relacionados ao processo produtivo relativo à instalação do maquinário. No percurso desta dissertação pude notar que no Brasil, grande contribuinte para o agravamento deste cenário, há falta de cultura quanto ao trabalho que pode e deve ser realizado pelo arquiteto e pelo urbanista. No Brasil, a construção industrial era executada, em sua grande parte, até meados da década de 1980, por projetos do tipo “pacote” importados do exterior, onde todas as definições do edifício e produção já vinham prontas. O desenvolvimento econômico desta década e a necessidade de execução de maior número de edificações fizeram com que o arquiteto fosse chamado ao local que, de fato, deveria lhe pertencer. Questões específicas do país como clima, sociedade, métodos construtivos, dentre outros foram valorizadas e passaram a ser dados do projeto.

A evolução histórica do edifício industrial e sua preservação são dados fundamentais e instrumentos para que pensemos as indústrias do futuro. A fonte de energia, questão primordial, seja ela mecânica ou elétrica, ou a estrutura da fábrica, não são as únicas questões a serem contempladas. A evolução construtiva nos abre um vasto leque para a resolução de problemas espaciais, funcionais e estruturais, todos com a mesma importância. A evolução social propõe, por sua vez, que sejam acrescentados conceitos de sustentabilidade, transparência, condições adequadas de habitabilidade do local de trabalho, etc. A sociedade de consumo exige, por sua vez, que as empresas passem a investir em sua imagem corporativa e instalações como demonstração de solidez e qualidade dos produtos.

Por sua vez, o arquiteto nem sempre está familiarizado com questões específicas. De um determinado processo de fabricação. Não conhece os tipos de arranjos produtivos, etapas de um do projeto industrial, padrões de organização dos volumes edificados, dentre outras questões inerentes. Deve ser sublinhado que cada projeto industrial exigirá pesquisa específica

do processo produtivo em questão. Mais do que em qualquer outro tipo de construção, é importante a consideração das relações econômicas, fundamentais, uma vez que o objetivo destes edifícios é a melhor relação entre o investimento e o lucro posterior, com a venda dos bens de consumo produzidos. De forma breve, buscou-se analisar todas estas questões nesta dissertação. O arquiteto deve ter acesso a informações eficientes que possam esclarecer questões relativas aos métodos construtivos e suas vantagens ou desvantagens na utilização de *lay-outs* e materiais, cuja escolha vai incidir no custo ou desempenho do empreendimento.

Há uma vasta quantidade de publicações, que procuramos inserir na bibliografia desta dissertação, sobre o tema “Arquitetura da Indústria”. Apesar disso, o número é pouco significativo, se comparado com outras tipologias, como habitação, escolas, hospitais, e até mesmo museus. Publicações a propósito do edifício industrial surgiram de maneira significativa, a partir da década de 1960. É o caráter de desenvolvimento da indústria, lado a lado com o desenvolvimento tecnológico, que definirá as características da produção industrial e do edifício, exigindo que o conhecimento pertinente seja constantemente revisto. A tecnologia vem se desenvolvendo rapidamente nos últimos anos com as redes de trabalho, novas matérias primas e novos meios, como a mecatrônica, a tecnologia da informação e a nanotecnologia, entre outros. É impossível englobar todos esses fatores numa única publicação, num único trabalho acadêmico. Seria desejável, como importante contribuição à causa da Arquitetura Industrial, a abertura de linhas de pesquisa e cadeiras específicas, a nível de graduação e pós graduação, sobre essa temática, nas escolas de arquitetura brasileiras.

A arquitetura industrial, no seu cerne, é marcada pela flexibilidade, expansibilidade e rapidez de execução. É, portanto, indissociável da construção pré-fabricada.

A pré-fabricação na construção de fábricas, no entanto, apresenta algumas diferenças em relação à pré-fabricação nos edifícios residenciais. Esta resultou das necessidades de execução de novas moradias nos dois pós-guerras mundiais. Consiste em edifícios, em geral, pouco flexíveis quando ocupados e com utilização de peças de dimensões pequenas e médias, em sistemas que podem ser abertos ou fechados. Por sua vez, os edifícios industriais são realizados com uso de sistemas menos padronizados e com maior número de peças componentes. Em geral pertencem aos sistemas abertos, com algumas exceções. As experiências são inúmeras em ambos os casos. Na década de 1980, ocorreu um esforço notável para padronizar as peças pré-fabricadas em concreto armado, no Brasil. De certa maneira, o mercado assimilou esta idéia e pouco se desenvolveu em relação

ao que ocorreu internacionalmente. Atualmente, inicia-se um novo estágio de desenvolvimento, marcado pela necessidade de maior integração.

Ainda não se estabeleceram princípios de integração entre os diversos sistemas construtivos o que faz com que cada obra se torne um caso único, especial e os custos de execução alcancem valores demasiadamente altos. O arquiteto, com sua visão global do todo de uma obra, poderá contribuir no sentido de guiar a indústria para que se alcance um patamar onde estas partes mantenham uma unidade entre si. O trabalho de Lelé, apresentado como estudo de caso, é um exemplo desta integração e unidade. Suas obras, apesar de terem coerência técnica e formal, são distintas uma a uma, pois seus componentes são projetados individualmente para as diversas formas de utilização. O exemplo demonstra que as soluções industrializadas nem sempre significam soluções formais padronizadas. Além disso, Lelé não importa formalismos de outras obras e estilos. Cria edificações totalmente novas, sem a necessidade de pré-fabricar o que é produzido por sistemas construtivos convencionais. Este procedimento representa o trabalho de pelo menos quatro décadas desse arquiteto. A importância de seu trabalho exige a sua continuidade e investimentos maciços para que estes sistemas continuem a ser pesquisados e desenvolvidos. Contudo, é necessária a produção de grandes séries para que o sistema se torne viável. A instalação das fábricas e ferramentaria especializada faz com que as edificações nelas produzidas tenham custos iniciais mais elevados em relação à construção tradicional, acrescidos ainda de impostos sobre as peças executadas de maneira industrial. Custos que são absorvidos, considerando os retrabalhos necessários nos métodos convencionais. É lamentável que seja uma experiência única, sem paralelo dentro da arquitetura contemporânea brasileira.

O estudo e caso da Fábrica de Alimentos, trata de um projeto realizado pelo autor da dissertação em época concomitante à pesquisa. É uma demonstração, tentativa de aplicar na prática as questões abordadas no percurso deste trabalho e assim, abrir o leque de discussões para as especificidades pertinentes ao tema, levantadas no trajeto.

A conclusão final é que o arquiteto é o profissional apto para pensar, ou repensar os novos cenários da arquitetura industrial. irá protagonizar seu papel fundamental, no progresso do país.

Quarta Parte: aPÊNDICES

Contextualização Histórica

O estudo da obra de João Filgueiras Lima é fundamental para a compreensão das possibilidades da pré-fabricação e da arquitetura no Brasil. O arquiteto possui uma sólida carreira, baseada sempre na invenção arquitetônica, no uso da indústria como forma de executar uma arquitetura social, voltada para o homem, e no interesse pelo desempenho ótimo das construções em relação ao conforto ambiental e à funcionalidade. Atua há cerca de 50 anos no ramo da construção industrializada, sendo responsável pela implantação de diversas fábricas de elementos pré-fabricados, perfeitamente adaptadas o contexto sócio-econômico brasileiro, o que será objeto de interesse deste capítulo.

A pré-fabricação no Brasil tem um de seus primeiros impulsos na obra do arquiteto Eduardo Kneese de Mello (1906-1994), atuante arquiteto paulista do Movimento Moderno, em princípios da década de 1950. Ele foi contratado como arquiteto da UNISECO do Brasil S.A., empresa que industrializava habitações com o uso de painéis de fibrocimento e estrutura de madeira. A patente era inglesa, onde o sistema tinha sido amplamente utilizado dentro de planos de expansão das habitações no país e após a perda de vigor, em construções escolares, ambulatorios, etc. No Brasil, a empresa teve suas atividades encerradas devido a problemas com os materiais e à falta de aceitação do produto. Kneese descreveu a deficiência das placas de fibrocimento produzidas no Brasil, que diferentemente das inglesas, fissuravam quando secavam por não possuir a elasticidade necessária para esse tipo de aplicação. O país não estava adaptado tecnologicamente para produzir tais elementos. O arquiteto, apesar dos problemas gerados nesta tentativa, sempre atuou como incentivador da pré-fabricação na construção. Havia, portanto, dois problemas com o sistema: um de cunho técnico e outro de cunho cultural. Por meio de entrevistas feitas com o arquiteto, podemos notar que estava convencido da necessidade da pré-fabricação para se fazer frente ao déficit habitacional no Brasil.

Figura 124- Palácio do Congresso de Brasília, Construção. Fonte: Arquivo do Distrito Federal

Figura 125 - Foto Atual do Palácio do Congresso. Fonte: wikipedia

As cúpulas e edifício de suporte dos plenários da Câmara dos Deputados e Senado da República foram realizados em concreto moldado in loco. Os dois edifícios dos gabinetes, no entanto, foram realizados em estrutura metálica, possível, na época pelas suas linhas perfeitamente ortogonais.

Na mesma década, Kneese trabalhou com Niemeyer na NovaCap, na construção de Brasília entre 1957 e 1960.

“Havia problemas com os materiais disponíveis e uma total falta de receptividade, gerando um final prematuro para esta tentativa, talvez pioneira no país. (...) No entanto, não se pode negar o aprendizado do arquiteto diante do conhecimento adquirido com os pré-fabricados. Conhecimento este, demonstrado nas obras projetadas posteriormente, como o Conjunto Residencial para os estudantes da Universidade de São Paulo (CRUSP, 1961) e a Faculdade de Arquitetura Farias Brito (1981), assim como os projetos para os Postos de Assistência Médica - INPS da Várzea do Carmo (1968) e Tatuapé (1976).

Ainda na década de 1950, trabalhou com Oscar Niemeyer em duas grandes obras. Foi seu parceiro, juntamente com Hélio Uchoa e Zenon Lotufo, contando com a colaboração dos arquitetos Carlos Lemos e Gauss Estelita, na construção do Parque Ibirapuera (1954). Participou, também, de sua equipe na construção de Brasília, sendo um dos arquitetos da NovaCap (Nova Capital)⁵³, entre 1957 e 1960.” (REGINO, 2006, p.82,83)

A partir da década de 50, o Brasil experimenta avanços muito importantes na tecnologia do uso do concreto armado, sendo um dos países de ponta no uso dessa tecnologia.

João Filgueiras Lima, também trabalhou nas obras da nova Capital, nos mesmos anos. Foi nas obras de Brasília que Lelé teve os primeiros contatos com a racionalização da construção civil, que o levaram a pensar na pré-fabricação dos elementos construtivos. Como um dos pioneiros dos sistemas pré-fabricados no Brasil, começa e introduzir as questões relativas à pré-fabricação na Universidade de Brasília, em 1962, tendo Darcy Ribeiro⁵⁴ como

⁵³A Novacap (nome fantasia de Companhia Urbanizadora da Nova Capital) foi uma empresa criada com o objetivo de construir a nova capital federal do Brasil. A empresa foi criada pela Lei nº 2874, sancionada pelo então presidente da República Juscelino Kubitschek em 19 de setembro de 1956. A Novacap foi a responsável por realizar as obras de construção da cidade de Brasília, e também foi o nome do projeto de Brasília durante sua construção. Mais do que realizar essas obras, a Novacap foi responsável pela urbanização e infra-estrutura da cidade, especialmente nos primeiros dez anos que sucederam a inauguração de Brasília. Foi a Novacap quem elaborou, desenvolveu e administrou os primeiros planos habitacionais, educacionais e de saúde no Distrito Federal.

⁵⁴ Darcy Ribeiro (1922-1997) foi antropólogo e político brasileiro. Sua obra mais importante é “O Povo Brasileiro”, uma síntese sobre a formação da sociedade brasileira. Foi Ministro da Educação do Brasil entre 1961 e 1964. É também o fundador da Universidade de Brasília e o seu primeiro Reitor.

incentivador e co-mentor. Darcy, segundo o próprio Lelé, queria que a Universidade de Brasília (UnB) se transformasse em um canteiro de projetos e obras.

Nesta época foi fundado o CEPLAN, Centro de Planejamento dos Edifícios da Universidade. Lelé desenvolveu para a UnB edifícios em concreto armado, como por exemplo, os galpões de serviços da Universidade e o edifício de habitação para professores. Antes destas experiências Lelé havia trabalhado com pré-fabricado nas edificações do canteiro de obras da cidade de Brasília. Neste caso, utilizou a madeira como matéria prima, devido à necessidade de construções provisórias de todo o tipo para um local que já se configurava como uma cidade. Vale lembrar que a construção da cidade ocorreu em 3 anos, sendo que, desde o início tiveram que ser levantadas habitações e refeitórios para todos os operários, engenheiros e arquitetos. As obras da Capital, no geral não eram pré-fabricadas, mas em concreto moldado in loco; apenas alguns edifícios tiveram sua estrutura construída em aço, em grande parte, importada dos Estados Unidos, vista a falta de infra-estrutura e de cultura da utilização desse tipo de estruturas no país. A opção do aço deu-se em alguns edifícios de forma a diminuir os prazos de construção. Isso ocorreu em edifícios de muitas lajes, como é o caso do edifício de gabinetes do Palácio do Congresso e dos edifícios dos ministérios, o que pode ser visto por meio das fotos constantes deste trabalho. As construções tinham, porém, grande preocupação com a racionalização devido aos curtos prazos de execução.

Em 1968, realizou, com base nas orientações fixadas pela Secretaria de Saúde do Distrito Federal e pelo arquiteto Oscar Niemeyer, o projeto e obra do Hospital de Taguatinga, próximo a Brasília. A construção visava a flexibilidade e extensibilidade. A execução do hospital utilizou a técnica da pré-moldagem de elementos pesados como lajes (7,0x2,2 m), caixões das fachadas e pórticos estruturais. Em 1973, realizou as obras pré-fabricadas das Secretarias do Centro Administrativo da Bahia e no ano seguinte, edifícios de escritórios pré-fabricados para a Construtora Camargo Corrêa, uma das maiores empresas construtoras do país.

A respeito da experiência do arquiteto, descreve HANAI (1992, p.57):

Figura 126 - Esplanada dos Ministérios durante a construção. Nota-se a estrutura metálica utilizada nos Edifícios dos Ministérios. Fonte: Arquivo do Distrito Federal

Figura 127 - Esplanada dos Ministérios e Palácio do Congresso nos dias de hoje. Fonte: Wikipedia

Figura 128 - Apartamentos de professores para a UnB. Fonte: LATORRACA, 1999, p.36

Figura 129 - Hospital de Taguatinga. Fonte: LATORRACA, 1999, p.48

Figura 130 - Edifício do Centro Administrativo da Bahia. Foto do Autor

Os dois edifícios apresentam configuração e tipo de pré-fabricação semelhantes. O fato de serem escalonados permite um acréscimo futuro, bem como, criam terraços-jardins para os escritórios e solários para os hospitais.

“Depois de alguns trabalhos com o emprego da argamassa armada em Brasília, Lelé desenvolveu por volta de 1980 o sistema construtivo para a urbanização do Vale do Camurujipe, em Salvador, Bahia, dirigindo a equipe da Renurb – Companhia de Renovação Urbana de Salvador, com consultoria inicial de Frederico Schiel, da Escola Politécnica da USP de São Carlos, em São Paulo, no dimensionamento das peças.

Desenvolveu posteriormente um amplo trabalho no município de Abadiânia, Goiás, sendo que um dos resultados obtidos foi o sistema construtivo para a “Escola Transitória”, destinado às zonas rurais, testado em protótipos.

No final de 1983, projetou, instalou e dirigiu a Fábrica de Escolas do Rio de Janeiro, que chegou a produzir componentes pré-fabricados para até 600m²/dia de área construída.

Em seguida, tendo retornado a Salvador, dedicou-se intensivamente ao projeto e à produção de equipamentos junto à Prefeitura Municipal, instalando a Faec – Fábrica de Equipamentos Comunitários.”

Lelé começou então a desenvolver unidades fabris para produção dos elementos pré-fabricados.

A REBURB foi criada em 1878 e permaneceu em atividade até 1982, tendo sido criada pelo prefeito de Salvador, Mário Kertész. O objetivo principal era criar as condições para a implantação do novo sistema de transportes coletivos urbanos da cidade. Um plano tão complexo, coordenado pelo trabalho de arquitetos e urbanistas determinou a criação de um grande escritório de projetos. O escritório adotou projetos padronizados realizados com peças pré-fabricadas, o que fez com que a prefeitura implantasse uma fábrica de pré-fabricados. As peças fabricadas pela usina se estenderam a outros elementos urbanísticos, no entanto, as peças em concreto armado se demonstraram inadequadas para as condições específicas encontradas nas áreas de ocupação irregular do município de Salvador, de relevo difícil. Foi nessa época que Lelé entrou em contato com Schiel, e juntos propuseram peças mais leves e mais complexas, executadas em argamassa armada, realizadas por meio de formas metálicas elaboradas. A experiência teve fim com a saída de Mário Kertész da Prefeitura do Município. Foram essas as experiências iniciais que resultaram na instalação, em 1994, do Centro de Tecnologia da Rede Sarah.

Na década de 1980, Lelé realiza o hospital Sarah Kubitschek de Brasília, um centro de referência na formação de profissionais e tratamento, com base na medicina especializada para sistema locomotor.

A construção foi realizada com uso de pré-moldados em concreto, prevendo a flexibilidade e extensibilidade da construção

assim como ocorrera no Hospital de Taguatinga. A flexibilidade necessária, pelo desenvolvimento dos equipamentos, deveria prever uma expansão que não sacrificasse as circulações internas. O módulo básico utilizado foi de 11,5x11,5 m, relacionado ao estudo das peças, equipamentos e materiais apropriados. O hospital ainda buscava como conceitos: criação de espaços verdes, flexibilidade das instalações, iluminação natural e conforto térmico dos ambientes e padronização dos elementos da construção.

Após o SARA, realiza as escolas transitórias, primeiro em madeira e posteriormente em argamassa armada. A propósito das escolas, Lelé descreve:

“A instabilidade da política agrícola, aliada ao uso predatório da terra, determina a transitoriedade do domicílio familiar do trabalhador do campo e o funcionamento efêmero das escolas rurais.

O testemunho desse fato é a existência de escolas desativadas e abandonadas, o que representa um desgaste econômico para municípios carentes que sequer conseguem manter a rede mínima de prédios para atendimento escolar.” (LIMA, 1984, p.19)

Muitas cidades arcavam com as despesas geradas por edifícios arcaicos e não podiam fazer frente às novas necessidades para suprir o déficit de instalações para a educação.

A Fábrica de Escolas do Rio de Janeiro, de 1984-1986, realizou projetos baseados nas experiências de Abadiânia, com algumas modificações sugeridas, dentre outros, por Darcy Ribeiro.

A Faec, anteriormente citada, localizava-se em terreno à frente do local ocupado pelo CTRS – Centro de Tecnologia da Rede Sarah, em Salvador. Foi instalada em 1985 e durou apenas três anos. Apesar disso foi uma experiência extremamente rica e proporcionou inúmeros benefícios à população e à cidade. Alguns dos projetos, como é o caso das passarelas que vencem vãos de 40 metros, continuam, ainda hoje, sendo produzidos por empresas contratadas pela prefeitura de Salvador, segundo o projeto original. Estas passarelas são construídas em apenas 12 dias, não havendo a necessidade de se bloquearem as vias onde são instaladas, a não ser em pequenos períodos noturnos. Os trechos da passarela são suspensos e fixados a pilares em forma de cálice, concretados no local e com esperas produzidas industrialmente.

Figura 131 - Construção de Passarela em Pernambuco, Salvador. Foto do autor, 2008

A passarela segue o projeto de Lelé, apesar de não ser mais executada sob a coordenação do arquiteto.

Figura 132 - Sistema Camus. Fonte: MEYER-BOHE.

⁵⁵ O Sistema Raymond Camus, muito utilizado na Europa do pós-guerra, foi desenvolvido pela Central de Planejamento de Pré-fabricados Camus e era produzido pela Indústria Raymond Camus e por uma grande quantidade de empresas licenciadas. A ideia estrutural consiste em painéis portantes que são montados na obra como se formassem um castelo de cartas de baralho. A limitação para as placas de piso era de 24m² de superfície. Os elementos eram de concretos fundidos em cadeia e tinham sua cura acelerada com o aquecimento. Visto que os painéis eram portantes, já produzidos com a armadura metálica, não se necessitava de pilares, vigas, forros. Os edifícios terminados eram compactos e bastante rígidos. Este sistema proporciona pouca flexibilidade após a execução.

O conhecimento adquirido, por Lelé, na implantação de fábricas voltadas à construção civil provém, em parte, da experiência assimilada nas fábricas que visitou na Europa do segundo pós-guerra pela Universidade de Brasília (UnB). Na Europa eram fabricadas peças para reduzir o déficit de moradias decorrente da destruição causada pelas duas guerras mundiais. A mão-de-obra artesanal não poderia fazer frente à demanda das construções necessárias, a serem realizadas. Nestes países, sob o ponto de vista dos sistemas construtivos utilizados, no entanto, predominantemente se realizaram construções em paredes portantes, sendo um dos sistemas mais conhecidos o “Camus”⁵⁵. A preocupação no Brasil, no entanto, sempre foi a de se adaptar estas fábricas às características sociais do país. Ao contrário da Europa, no Brasil, a oferta de mão-de-obra era abundante, principalmente a não qualificada. Não havia urgência na produção de uma quantidade significativa de edificações, sobretudo para a habitação, como ocorria na Europa. Assim, a viabilidade dos sistemas pré-fabricados se realizaria na redução nos custos da construção, por meio do uso racional dos materiais e facilidade de montagem dos edifícios no local de sua implantação. Nesse processo, era utilizada a mão-de-obra local e sem a presença de maquinário pesado.

O CTRS, portanto, é resultado de um aprimoramento desenvolvido durante todos estes anos de trabalho e pesquisas por Lelé.

Hospitais da Rede saRaH

O arquiteto João Filgueiras Lima e o Centro de Tecnologia da Rede Sarah, no entanto, na contramão do que se produz atualmente, projeta, fabrica e edifica hospitais e equipamentos utilizando-se das tecnologias atuais de construção pré-fabricada industrializada e dos avanços na área da medicina.

“(...) Porque não aproveitar aquilo que tínhamos de melhor? O sol, a luz e, principalmente a bela visão horizontal de uma Brasília que nos emocionava a cada pôr de sol? Muito dessas conversas se concretizaram na primeira experiência: hospital de Taguatinga, com seus terraços, em uma colina escolhida para tal.(...)” (Aloysio Campos da Paz Júnior, Cirurgião Chefe da Rede Sarah, Presidente da Associação das Pioneiras Sociais).

Os edifícios são de concepção de pré-fabricação sofisticada, no entanto de execução industrial simples. Resultam em espaços que não são rígidos, mas flexíveis e voltados para a escala humana, conforto térmico e atividades e relacionamento entre médicos, pacientes e acompanhantes. Para se alcançar o conforto térmico e

bem estar dos pacientes, com problemas relacionados ao sistema locomotor, os hospitais desenvolvem seu programa hospitalar em praticamente um único pavimento, existindo exceções.

“A concepção horizontal desse hospital facilita a integração das áreas de tratamento a terraços ajardinados, o que constitui fator importante para o desenvolvimento das técnicas de terapia adotadas pela rede SARAH.” (LIMA, 1999, p.25)

O hospital de Salvador, o primeiro realizado com o sistema construtivo atual do Centro de Tecnologia da Rede Sarah, foi implantado no alto de uma cumeeada típica da cidade. Possui dois níveis principais, determinados pelo terreno. O nível superior foi destinado ao hospital em si e o nível inferior às atividades de infraestrutura, como por exemplo, refeitórios, almoxarifados, manutenção, corredores de serviços, acesso às galerias subterrâneas, dentre outros.

Os conceitos de economia e sustentabilidade são aplicados em todos os projetos, atendendo às exigências climáticas do local de implantação dos edifícios. Os hospitais da Rede Sarah voltavam-se, inicialmente, apenas à Região Norte/Nordeste do Brasil, região tropical de clima rigoroso, com inverno quente e chuvoso e um verão quente com chuvas mais esparsas. A quase inexistência de temperaturas baixas nestes locais permitiu a criação de espaços intensamente ventilados. O Sarah de Salvador é o primeiro hospital da rede onde se aplicaram as galerias de instalações como, ao mesmo tempo, galerias de tomada de ar para a renovação de “As preocupações com o conforto térmico são evidentes em todas as obras de Lelé, mas é na Rede de Hospitais Sarah que elas se ilustram melhor, em função da filosofia do hospital, da estrutura de trabalho do CTRS e da constante inovação tecnológica e criativa do arquiteto.” (PÉREN, 2006 p.29)

Figura 133 - Diagrama desenhado por Lelé. Demonstra as intenções na resolução dos problemas de Conforto Ambiental. Fonte: Arquivo CTRS, 2008.

Figuras 134, 135 e 136 - Hospital Sarah Rio, Jacarepaguá. Foto da Construção - Auditório Principal. Fonte: Arquivo CTRS, 2008.

Figura 138 - Foto Aérea do Hospital e CTRS, Salvador. Respectivamente os edifícios da esquerda para a direita. Fonte: Arquivo CTRS, 2008.

O CTRS (Centro de Tecnologia da Rede Sarah) localiza-se no mesmo terreno do Hospital Sarah, estando separado do hospital por uma encosta onde se desenvolve uma mata bastante densa. Está implantado num grande campus, composto pela fábrica, hospital, vias, reserva de mata, acessos e concha acústica.

- *Projetar e executar as obras destinadas à implantação da rede, como base em princípios de industrialização, visando economia, rapidez na construção e criação de conveniente unidade construtiva entre todas as edificações da associação.*
- *Projetar e executar, interagindo com as equipes médicas e paramédicas da associação, os equipamentos necessários ao desenvolvimento de novas técnicas de tratamento introduzidas nos hospitais da rede.*
- *Projetar e executar equipamentos hospitalares convencionais, sempre que fosse constatada vantagem econômica e de qualidade em relação aos oferecidos pelo mercado.*
- *Executar a manutenção dos prédios, equipamentos e instalações de todas as unidades da rede.*
- *Manter cursos de treinamento em sua área de atuação por meio de de convênios com as universidades e outras instituições do gênero.*
- *Promover a divulgação dos trabalhos realizados e manter intercâmbio tecnológico com outras instituições que atuassem no mesmo campo de pesquisas.* “ (LATORRACA, 1999, p.199)

0 10 50 100m

Figura 139 - Oficinas de Metalurgia pesada e Pré-moldados em Argamassa Armada. Fonte: Arquivo CTRS, 2008.

Funciona por meio da Associação das Pioneiras Sociais, serviço social autônomo, de direito privado e sem fins lucrativos, instituído pela Lei no. 8246 de 22 de outubro de 1991. Administra dinheiro da União para a construção, pesquisa e intercâmbio tecnológico de hospitais, dentro de todo o território nacional, com o objetivo de “retornar o imposto pago pelo cidadão prestando-lhe assistência médica qualificada e gratuita, formando e qualificando profissionais da saúde, desenvolvendo pesquisa científica e gerando tecnologia”⁵⁶. O uso de dinheiro público exige a organização e uma grande responsabilidade de todo o pessoal envolvido no CTRS. O centro produziu, durante alguns anos, outros tipos de obra como os Tribunais de Contas da União em várias cidades, prefeituras e edifícios religiosos. Por decisão do TCU, hoje em dia, produz apenas edifícios e equipamentos para a rede de Hospitais Sarah, entretanto, o arquiteto ainda desenvolve projetos para essas instituições sem se utilizar do CTRS. A flexibilidade do sistema construtivo, e o constante desenho de peças novas, permitem a execução de obras variadas, tanto em porte como em função. Uma das principais características das obras, sob o punho firme de Lelé, é a humanização dos espaços que se dá por meio de um projeto realizado, sobretudo para acolher o homem. A pré-fabricação que é vista, em muitos casos, como redutora, no CTRS e nos hospitais da rede, mostra-se eficiente, considerando a viabilidade econômica e a funcionalidade dos hospitais, justamente na flexibilidade e adequação a programas diversos, onde a demanda dos espaços é ditada pelo desenvolvimento tecnológico dos equipamentos. O sistema possibilita ser modificado durante a obra, fato importante, porque, de outro modo, ficariam

⁵⁶ “(...) O caráter autônomo da gestão desse tipo de serviço público de saúde faz da APS a primeira instituição pública não estatal brasileira.(...)” (LIMA, 10, 1999)

sujeitas a interrupções por períodos indeterminados. A programação da obra pode ser realizada com grande precisão.

A fábrica em si possui área de 17.000 m² e divide-se em cinco oficinas principais especializadas: Metalurgia Leve, Metalurgia Pesada, Pré-moldados em Argamassa Armada, Plásticos e Fibra de Vidro e Marcenaria. Há ainda: refeitório, cozinha e auditório. Somam-se a estas atividades os escritórios de projeto, escritórios de desenhos de produção, coordenadorias das oficinas, oficina de maquetes, oficina de comunicação visual, manutenção, salas de pintura, arquivo de projetos, departamento de fotografia, depósitos de materiais e fôrmas e um corredor de ligação de todas as atividades em dois diferentes níveis.

A estrutura é de pente duplo. O eixo central, com dois pavimentos regulariza a ocupação. No primeiro pavimento existe um grande corredor de serviços e instalações das oficinas. No segundo pavimento, no mezanino, localizam-se todas as atividades de administração e projeto, bem como o refeitório e sala de descanso para os operários. O corredor de acesso a todas as diferentes oficinas sedia uma exposição de projetos e obras do CTRS que é o contato dos funcionários com as obras já realizadas e com as obras em andamento. Nesse local, os funcionários conhecem o todo das obras nas quais participam parcialmente, às vezes, construindo pequenos elementos que dissociados não dão dimensão do conjunto. No primeiro contato que tive com o arquiteto, João Filgueiras Lima ressaltou a importância de que na área de pré-fabricados, assim como na arquitetura em geral, o projeto é um processo coletivo, e por isso envolve – no próprio centro – profissionais das diversas áreas da construção, como arquitetos, engenheiros, calculistas e paisagistas. Essa convivência é intensificada pela organização da fábrica em pente, sendo o eixo estruturador destinado à circulação e escritórios de projeto e administrativos. Eventualmente existem colaboradores em projetos especiais.

São realizados desenhos em escala, um para um de cada elemento que fabrica. Os desenhos de arquitetura, após aprovados pelo arquiteto são encaminhados para a gerência da oficina específica. Estes desenhos são “explodidos” e planejados para a execução dos componentes, no chão da fábrica. O funcionamento é muito dinâmico. Isso requer um processo cuidadoso, baseado na experiência dos arquitetos engenheiros e técnicos. É comum que desenho na prancheta dos arquitetos seja fabricado no dia seguinte, nas oficinas, em milhares de repetições. A única maneira para que isso ocorra é através de um projeto do envelope industrial que propicie a interação entre todas as partes da indústria.

Figuras 140 e 141 - TRE - Tribunal Regional Eleitoral e TCU-Tribunal de Contas da União, Salvador, Bahia. Fotos do autor, 2008.

Figuras 142 e 143 - Foto da Maquete e Foto da Construção do Hospital Sarah do Rio de Janeiro, em Jacarepaguá. Fonte: Arquivo CTRS, 2008.

No CTRS, se produz o máximo possível de componentes da edificação. É difícil encontrarmos uma peça de mobiliário, uma luminária, um ventilador, um exaustor que não tenha sido produzido no local. Isso garante qualidade de desenho e facilita o controle das obras. A qualidade de desenho refere-se ao atendimento a novas necessidades, como destaca o arquiteto. Um exemplo citado por Lelé é que hoje em dia, ainda se utilizam cadeiras para auditórios com braços removíveis adequados ao uso de anotações a punho livre, no entanto, é crescente o uso de computadores portáteis. “Ora, os hospitais são de alta tecnologia e as pessoas nos congressos apóiam seus computadores sobre as pernas!” Parece que o mercado está engessado; ainda não se deu conta de tais questões. Destacam-se na produção do CTRS as macas e outros utensílios hospitalares, que pelo seu desenho único, sempre em aprimoramento, refletem o desejo arquitetônico e a filosofia do projeto dos hospitais.

Legenda

1 Espera	13 Internação - Apartamentos
2 Ambulatório	14 Solário
3 Radiologia	15 Cozinha / Refeitório
4 Laboratório	16 Lavanderia
5 Centro Cirúrgico	17 Almojarifado / Bioengenharia
6 Central de Materiais	18 Manutenção
7 Arquivo Médico	19 Administração
8 Oficina Ortopédica	20 Vestiário Funcionários
9 Internação e Alta	21 Manutenção Predial
10 Fisioterapia / Hidroterapia	22 Caldeiras / AC / Subestação
11 Primeiro Estágio	23 Proj. Centro de Estudos
12 Internação - Enfermarias	24 Espelho D'água

0 5 10 20 50m

0 5 10 20 50m

O SiStema COnStrutivo – Padrão CtrS

Figuras 144 e 145 - Corte Sistema Construtivo executado pelo CTRS. Fonte: Arquivo do CTRS, 2008.

O sistema construtivo desenvolvido no CTRS é de industrialização simples. Apesar desse fato, foi desenvolvido especificamente para tipologias que absorvam os custos mais altos em relação à pré-fabricação, que leva em conta um alto grau de flexibilidade. Possui menor padronização e maior número de componentes, ideal para tipologias hospitalares, administrativas ou industriais, que podem absorver o custo de fabricação de peças especiais. “Chega a ser irracional o uso dos materiais de construção tal qual encontramos no mercado brasileiro para esse tipo de edificação. Elementos diversos, como blocos cerâmicos, divisórias, pisos, telhas, não possuem nenhuma relação métrica entre si, obrigando a que, nas obras, sejam feitas as mais diversas adaptações, adotando-se sistemas construtivos artesanais.” (CARVALHO, p.01) Fatores já citados, como as necessidades de alterações durante a vida de um edifício hospitalar, fazem com que seja ainda mais complicado o uso dos métodos construtivos tradicionais.

Lelé elaborou soluções que aproveitam o clima e a insolação dos diversos locais do país. Os espaços resultantes deste conjunto de componentes possuem estratégias de busca de conforto térmico e acústico. Pesquisas sobre a sua obra, como o trabalho de Jorge Péren, vêm contribuindo para o desenvolvimento de soluções de conforto ambiental, de forma científica. Um dos exemplos mais notáveis nesse sentido é a evolução das galerias de renovação de ar dos hospitais e a forma das aberturas zenitais. Hospitais em geral possuem pouca eficiência na ventilação por convecção, como é o caso do hospital de Salvador. Podemos dizer que a maior parte das estratégias de conforto ambiental é passiva, sendo que, na maioria dos hospitais, restringe-se o uso de estratégias mecânicas como é o caso do ar-condicionado apenas para áreas cirúrgicas ou salas de equipamentos delicados.

Podemos classificar o sistema construtivo como aberto. Os edifícios não são projetados com o uso de componentes de catálogo. São produzidas peças especiais para cada obra, baseadas num sistema construtivo, de modulação e características estruturais recorrentes e, utiliza-se ainda, de elementos e materiais produzidos pelo parque industrial. Assim, como no caso das estruturas mais usuais em aço ou madeira, a estrutura do sistema do CTRS é pensada de forma independente dos vedos. Permite que os fechamentos sejam realizados em divisórias pré-fabricadas ou alvenarias executadas *in loco*, dependendo de fatores econômicos. O CTRS, localizado em Salvador, está em ponto estratégico em relação à localização das unidades hospitalares. A modulação básica de todo o sistema é de 0,625m, no caso do edifício do CTRS, em grelha de modulação estrutural básica de 7,5mX10,00m e 6m de pé-direito, divididos em dois pavimentos no eixo estrutural. O sistema proposto não possui viabilidade econômica para outras tipologias, como é o caso da habitação. A habitação exige menor flexibilidade dos espaços após executada e necessita de peças padronizadas para que se alcance a economia de escala, exemplo do “Steel Frame”, no qual as peças metálicas que compõem todo o edifício são basicamente as mesmas, montadas como uma “gaiola”. As peças nestes sistemas devem ser mais simples, assim como as suas juntas, de forma a não tornar o sistema inviável economicamente.

No caso de obras hospitalares ou industriais, até mesmo de edifícios escolares, as peças possuem uniões mais complexas, que permitem que estas edificações sejam facilmente desmontadas ou tenham novos espaços acoplados. Podemos dizer que possuem um caráter transitório, flexível. Assim como nos hospitais, as indústrias têm suas edificações definidas pelos equipamentos que devem albergar. Estes equipamentos seguem constantes evoluções, que modificam as suas características dimensionais.

Na figura, vemos um desenho de Lelé sintetizando o sistema construtivo. A fundação, neste caso, é realizada mediante uma laje do tipo “radier” de concreto com esperas para a inserção dos pilares tubulares metálicos. Os pilares são, ao mesmo tempo, condutores de água pluvial; possuem tubulação de PVC interna, pois, notou-se que utilizá-lo como duto, mesmo sendo aço do tipo SAC-50 (evolução do aço cortén), significava problemas de corrosão com o passar dos anos. O vigamento é duplo, formado por perfis “U” (perfis dobrados) que suportam as lajes “Pi” com larguras de 2,50m, 3,125m e 3,75m. As vigas duplas possibilitam a instalação de forro e

Figura 146 - Detalhe Genérico do Sistema Construtivo executado pelo CTRS. Fonte: Arquivo do CTRS, 2008.

passagem de instalações elétricas sobre a mesa inferior. Neste caso, o contrapiso é concretado no local. A cobertura é realizada, novamente, com duas vigas de perfil “U” que, permitem a instalação do “capitel” do pilar e da calha de condução de águas pluviais. As calhas já foram realizadas em aço galvanizado. Hoje em dia, são produzidas apenas em aço inox. O aço galvanizado sofre ferrugem “branca” nas linhas de solda. Através das vigas, passa-se a fiação de elétrica, telefonia e lógica. As luminárias e ventiladores foram projetados para se acoplarem às vigas: braços metálicos direcionam as peças e as centralizam nos ambientes. A estrutura curva da cobertura é realizada utilizando-se treliças metálicas curvas, construídas em perfis chatos, calandrados e soldados em equipamentos simples. Sob essas treliças instalam-se as telhas galvanizadas pintadas na cor branca, através da instalação de canaletas, com a função de forro. O vão entre as treliças é de 2,50m. A cobertura é realizada em telha ondulada de alumínio, calandrada no CTRS com ou sem o uso de uma manta de “bidim” na parte interna – para isolamento termo-acústico - apoiada sobre terças metálicas em tubos de seção retangular, apenas cortados e pintados.

Figura 147 - Seção Genérica do sistema de troca de ar. Fonte: Arquivo do CTRS, 2008.

O SiStema COnStrutivo Sarah-riO

O Sarah Rio representa o sistema mais desenvolvido tecnologicamente executado no CTRS, simplesmente pelo fato de ser a última obra, ainda em execução.

“A estrutura do piso técnico é constituída de lajes pré-moldadas de argamassa armada com 2,50m, 3,125m e 3,75 apoiadas em vigamento metálico vencendo vãos máximos de 5m, descarregando sobre uma trama de pilares metálicos engastados nas sapatas de concreto.

A estrutura dos “shed” das coberturas é constituída de vigamento duplo em chapa de aço, apoiado em pilares também metálicos e vencendo vãos variáveis de até 15m. O arcabouço da cobertura dos “sheds” e das abóbadas é formado por treliças metálicas a cada 2,50m que se apóiam no vigamento duplo.

A estrutura do auditório é constituída de vigamento metálico radial apoiado em anel metálico superior com 12m de diâmetro e em um anel de concreto armado inferior, ao longo do perímetro do prédio. A cobertura esférica do anel superior, em aço inoxidável é móvel permitindo a abertura total do vão circular. É constituída de setores meridianos que se superpõem ao girar mecanicamente em torno dos eixos situados nos respectivos pólos.

O sistema de ar-condicionado é constituído de uma central frigorígena única que distribui água gelada para as unidades “fan-coil” distribuídas no piso técnico e localizadas na projeção da respectiva área de utilização.”
(Fonte: Painéis CTRS)

Figuras 148, 149 e 150 - Construção do Hospital Sarah do Rio de Janeiro, em Jacarepaguá. Fonte: Arquivo CTRS, 2008.

Figura 151 - Foto da Construção do Solário do Hospital Sarah do Rio de Janeiro, em Jacarepaguá. Fonte: Arquivo CTRS.

O sistema construtivo e o tipo de pré-fabricação dos edifícios desenvolvidos por Lelé no Centro de Tecnologia da Rede Sarah permitem a execução de soluções específicas para cada unidade, dependendo das necessidades envolvidas.

A economia é questão central da industrialização, no entanto, as exigências das características dos edifícios podem diferir, dependendo da tipologia onde o sistema será empregado. A estrutura metálica é executada dentro da oficina de metalurgia pesada e não exige grande padronização das peças, como é o caso de estruturas em concreto armado, que dependem da fundição em formas metálicas especiais, de custo bastante elevado. Isso permite que o sistema estrutural possa ser alterado constantemente, executando-se obras de arte, como apresentadas nas figuras ao lado.

As peças pré-fabricadas em argamassa, na maior parte das vezes, são elementos planos, sem função estrutural, fabricados com o cuidado de serem elementos leves, de fácil transporte e montagem. As paredes, em função de exigências climáticas e acústicas, são duplas, compostas por duas divisórias com colchão de ar interno. Dependendo do caso, a área vazia entre os dois painéis pode ser preenchida com materiais isolantes, como por exemplo, o poliuretano expandido, sendo assim, o desenho ainda é bastante flexível no que diz respeito ao conforto termo/acústico. No seu conjunto, as edificações são leves, o que também significa um ganho nas obras em relação às questões de fundação, sendo, na maioria das vezes, simples lajes do tipo “radier” e painéis pré-moldados de arrimo para os corredores das galerias subterrâneas. Em alguns hospitais, a terra retirada das valas, onde foram instaladas as galerias, significava peso equivalente à construção sobreposta, reduzindo a fundação a um “radier” utilizado como piso das galerias.

As peças, em geral, são “leves”⁵⁷ devido à preocupação advinda do transporte e da própria montagem. Muitas delas são colocadas em posição por apenas dois operários, outras com ajuda do próprio guindaste de caminhões, do tipo “Munk”. Nesse sentido, são interessantes as intervenções de Lelé nas favelas, realizadas com peças de argamassa armada. A impossibilidade da entrada de equipamentos pesados nestes locais, ou até mesmo dos caminhões para o transporte dos componentes, por vielas estreitas a ponto de permitirem a passagem apenas de pessoas, fez com que fossem desenhadas peças que pudessem ser transportas pelas mãos de dois operários ou moradores, que executariam a montagem ainda manualmente.

Diferentemente das obras convencionais, na produção em fábrica fixa não existem fatores acidentais ou, são reduzidos ao máximo. Lelé destacou que em uma obra tradicional não há registro

⁵⁷ Como exemplo, a peça divisória tipo do Hospital de Fortaleza, pesa no total 125Kg, sendo 5,6kg o peso da armadura metálica, 34kg o consumo de cimento, 67kg o consumo de agregado (areia de brita).

das atividades e das soluções in loco, podendo incorrer na ignorância a respeito de como está construída, mesmo que esta seja racionalizada e atenda padrões de produção semelhantes aos estabelecidos industrialmente, sem configurar a pré-fabricação. Uma obra convencional pode ser racionalizada. Um exemplo disto, vivido pelo próprio arquiteto, são as obras da construção de edifícios de Niemeyer em Brasília, em apenas três anos.

Figura 152 - Desenho do Solário do Hospital Sarah do Rio de Janeiro, em Jacarepaguá. Fonte: Arquivo CTRS.

Figura 153 - Oficina de Marcenaria. Foto do autor, 2008.

Figura 154 - Mobiliário executado pela oficina de marcenaria e pela oficina de Metalurgia Leve. Fonte: Arquivo CTRS, 2008.

Figuras 155 e 156 - Molde e Cadeiras em Fibra de Vidro. Fotos do autor, 2008.

OFICINAS

Oficina de Marcenaria

Hoje em dia, em função da escassez de madeiras de “lei” e das preocupações ecológicas neste sentido, a equipe de marcenaria do CTRS vem cada vez mais produzindo os móveis, divisórias e elementos especiais por meio do uso de MDF, aglomerados (em menor quantidade), laminados melamínicos (estruturais ou não), madeira precomposta, PVC e acrílicos. A marcenaria divide-se em três ambientes principais: a área de produção, o almoxarifado e uma área menor, para reparo de ferramentas. Possui os equipamentos básicos de uma marcenaria, no entanto, assim como em todo o CTRS, o projeto não é automatizado ou linear, o que acarretaria numa menor absorção de mão-de-obra e desvantagem econômica, já que se executam peças díspares e muitas vezes em quantidade que não justificaria tal investimento.

Nessa oficina são produzidos móveis (estantes, gaveteiros, armários, tampos e laterais de mesas, dentre outros), portas, divisórias, fôrmas, protótipos e estruturas em madeira e embalagem para transporte de peças. A mão-de-obra é específica para cada oficina especializada na atividade.

Oficina de Plásticos e fibra de Vidro

A oficina de plásticos e fibra de vidro executa desde simples espaçadores para a armadura das peças em argamassa armada, coletores para exames utilizados nos hospitais até mecanismos hidráulicos mais complexos que compõem as camas-maca dos hospitais. Verifiquei em minha visita, a produção de cadeiras em fibra de vidro, lixeiras para os hospitais e peças de acabamento de equipamentos para tratamento dos pacientes com dificuldade de locomoção. A oficina divide-se em três ambientes principais, uma sala de fibra de vidro, laminação a vácuo e manual e em uma sala mais ampla, injeção de plásticos e usinagem de peças metálicas, além de um almoxarifado. A oficina conta também com espaço contíguo aberto onde se beneficiam manualmente as peças e alguns elementos secam ao ar livre.

Nestas fotos vemos os moldes do tipo macho-fêmea para os assentos das cadeiras de auditórios, refeitórios e sala de espera, assim como a utilização destes assentos no centro de tecnologia. As peças

de base de painéis divisórios são executadas com uma mistura de resina plástica com borra de ferro, oriunda da oficina de metalurgia pesada (do corte de chapas metálicas), que garantem o peso das peças de base dos painéis. A fôrma destes pés é executada em laminação a vácuo em duas peças macho e fêmea, mas, existem fôrmas mais antigas para laminação manual, do tipo mecânicas, ou seja, em mais de duas partes, unidas por meio de parafusos. A oficina de plásticos também produz a carcaça em fibra de vidro dos “troleys” utilizados para o transporte dos pacientes entre as alas dos extensos hospitais horizontais.

Oficina de Metalurgia Pesada

O sistema construtivo desenvolvido pelo arquiteto João Filgueiras Lima e pelo CTRS baseia-se na estrutura metálica independente. Esta oficina, portanto, desponta como o coração do Centro, sendo responsável pelas estruturas e por todas as peças em serralheria pesada. Na foto ao lado, vemos a produção dos quebra-sóis internos, tipo “asa de avião”, do hospital Sarah do Rio de Janeiro, criados para vedar os espaços em épocas de uso intensivo do ar-condicionado. A primeira linha de máquinas, localizada à esquerda do galpão, tem a finalidade de corte e dobra das chapas metálicas em seu estado bruto, como são compradas pelo Centro das Siderúrgicas. Na parte central da oficina realizam-se os trabalhos de montagem e na parte direita, os trabalhos de solda. Existe uma oficina de usinagem, equipada com tornos na parte frontal da área de produção, localizada no pavimento inferior à área administrativa.

Oficina de Metalurgia Leve

A Oficina de Metalurgia Leve é responsável pela execução dos equipamentos hospitalares, bem como a automação dos mesmos. Executam-se aí, ainda, as luminárias, ventiladores e mecanismos para abertura e fechamento de janelas. Os componentes plásticos são executados na oficina de plásticos e fibra de vidro. Nessa oficina executam-se, também, os sistemas de mecanização dos “troleys”, planos inclinados, etc.

Figuras 157 e 158 - Oficina de Metalurgia, Galpão e Pátio de Estocagem. Fotos do autor, 2008.

Figuras 159 e 160 - Oficina de Metalurgia Leve, Protótipo de Maca Hidráulica (Foto do Autor) e “Trolley” produzido na mesma oficina e na Oficina de Plásticos e Fibra de Vidro. Fonte: Arquivo CTR, 2008.

Figura 161 - Barco em “fer-ciment”, hoje em dia a argamassa armada, realizado por Lambot. Museu de Brignoles, França. Fonte: www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkcs/abc-structures-2005/concrete/timeline.html.

Figura 162 e 163 - Palácio de Exposições, Turim. Lanificio Gatti, Roma. Ambos projetados por Pier Luigi Nervi. Fonte: www.hit.nl/images/content.

“(…) esse edifício industrial tem lajes cujas nervuras seguem a direção das isostáticas de transferência de carga para os pilares. Os elementos pré-moldados de argamassa armada serviram de fôrmas, racionalizando o processo construtivo e propiciando um excelente acabamento.” (HANAI, 1999, p.135)

Oficina de Pré-MOI dados eM argaMassa arMada

Lelé é reconhecido pelo seu trabalho de muitos anos, desenvolvendo a tecnologia da argamassa armada. O início do uso deste material data de 1848. Segundo HANAI (1992, p.19):

“Historicamente as origens da argamassa armada remontam a 1848, quando Joseph Luis Lambot desenvolvia na França o que chamava de “um aperfeiçoado material de construção a ser usado como substituto da madeira em construções navais e arquitetônicas e também para finalidades domésticas, onde a umidade deve ser evitada”, como definiria na patente requerida em 1856.

Lambot dava a esse material o nome de “fer-ciment”, que descrevia como “uma rede ou conjunto de arames ou barras metálicas cimentadas junto com cimento hidráulico, de tal maneira a formar vigas e pranchas de qualquer tamanho desejado.

Sediado em Miraval, no sul da França, Lambot construiu vasos para plantas, reservatórios de água e – surpreendentemente -, pequenos barcos, um dos quais seria exposto na Feira Mundial de Paris em 1855. Um desses barcos ainda flutuava no lago de sua fazenda, 50 anos após sua construção, fato documentado fotograficamente por Gassier Bastide.

(…) Curiosamente, o material desenvolvido por Lambot teria ascendência direta sobre a moderna argamassa armada – mais ainda, sobre toda a família dos concretos estruturais.”

A respeito dos potenciais da tecnologia, citando ainda HANAI (1992, p.67):

“Lambot via no material por ele inventado e patenteado um grande potencial de utilização, com base em pelo menos duas características primordiais:

-o material prestava-se à moldagem de peças de qualquer forma e tamanho, permitindo assim a execução de vigas e pranchas – pressupondo-se desde então a possibilidade de pré-moldagem -, e de peças monolíticas, de formas complexas, como os barcos que viria a construir;

-esse material tinha também excelente desempenho na presença de umidade, o que permitia, de início, a substituição da madeira em construções navais e arquitetônicas.”

Foi com o uso deste material que Pier Luigi Nervi construiu suas magníficas obras a partir de 1943. Nervi demonstrou as possibilidades técnicas e formais da argamassa armada em grandes obras, como ginásio de esportes, palácios de exposição, etc,

realizados principalmente na Itália. Suas obras impressionam pela leveza. O Palácio de Exposições de Turim, realizado por meio de peças solidarizadas nesse material, vence um vão total de 95,10 m, realizado em forma de arco. Uma de suas obras mais conhecidas é o Palácio do Esporte de Roma, realizado para as Olimpíadas de Roma. Possui uma cúpula esférica com 60 m de diâmetro, composta por 1.620 elementos pré-moldados, que serviram de fôrma e se incorporaram a estrutura resistente em concreto armado.

A argamassa armada é composta por cimento mesclado com agregado miúdo e armado com tela metálica difusa, disposta na posição longitudinal. A vantagem deste material é a obtenção de peças de pequena espessura que podem ser realizadas e, em consequência, a leveza de peças finas. A argamassa armada é utilizada em diversos tipos de componentes, dentre eles componentes estruturais, devido às suas interessantes características de resistência aos esforços, por ser composta do aço e concreto, com resistência à tração e à compressão.

A respeito da obra de Lelé, segundo HANAI (1992, p. 57):

“Lelé, apelido pelo qual é carinhosamente conhecido, em contato com Frederico Schiel por intermédio do filho deste, arquiteto Kristian, soube compreender, como poucos o saberiam fazer, o potencial da argamassa armada na construção civil.

O seu trabalho com argamassa armada tem um significado muito especial, pela qualidade arquitetônica, pelas inovações tecnológicas introduzidas, pelo alcance social das obras, e, sobretudo, pelo tratamento dado às relações humanas com a construção, tanto no seu uso quanto durante a produção e montagem.

Se Nervi era um engenheiro que tinha a visão estética do arquiteto, e a beleza de suas obras – que segundo ele – decorria da lógica estrutural e construtiva, Lelé é um arquiteto que domina os conhecimentos de Engenharia, nas suas concepções de estabilidade das estruturas, de processos de produção e montagem, das instalações elétricas e hidráulicas e tudo o mais.

É possível perceber, nos menores objetos e detalhes aparentemente secundários, desenhados por Lelé, o domínio quase absoluto das técnicas e, sobretudo, o profundo respeito pelo ser humano que em algum momento interage com a obra.”

As fábricas fundadas por Lelé utilizaram-se da argamassa armada com o intuito de produzir componentes para a urbanização de cidades, como Rio de Janeiro - RJ, Ribeirão Preto - SP, Abadiânia

Figura 164 - Vista interna da cobertura do Palácio dos Esporte, Roma. Arquiteto Pier Luigi Nervi. Fonte: www.hit.nl/images/content.

Figuras 165, 166 e 167 - Escola Transitória – Protótipo. Fonte: LIMA, 1984, p.98.

Figura 168 - Banco em duas peças de argamassa armada, projetado por Lelé. Foto do Autor, 2008.

– GO, Salvador – BA. Na introdução de seu livro sobre as escolas transitórias, Lelé descreve:

“Os grandes investimentos realizados durante as três últimas décadas nos principais centros urbanos do país, especialmente São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília possibilitaram, sem dúvida, um grande desenvolvimento da indústria da construção civil. Além disso, as importantes obras de arte realizadas no programa de expansão de rodovias e barragens colocaram o Brasil entre os países mais adiantados do mundo na tecnologia do concreto armado aplicada na execução de pontes e grandes estruturas.

Não obstante esse aprimoramento tecnológico específico, pouco se tem caminhado na solução dos problemas de infraestrutura das áreas de baixa renda da periferia dos grandes centros urbanos. A complexidade das intervenções nessas áreas envolvendo aspectos econômicos, sociais, fundiários e exige um posicionamento independente e desvinculado da ortodoxia técnica consagrada. No plano físico das favelas, por exemplo, a precariedade e singularidade na organização dos assentamentos e a peculiaridade geográfica e topográfica de cada local inviabilizam a priori a aplicação de métodos tradicionais de drenagem e saneamento básico quer pelos altos custos econômicos, quer pelos problemas sociais gerados pelo próprio trânsito de equipamentos pesados que determina a remoção de um grande número de habitações.

Outra face da mesma questão ocorre no campo e em núcleos rurais do interior, quando os custos indiretos decorrentes do transporte de pessoal técnico, materiais e equipamentos são de tal ordem que se tornam incompatíveis com a natureza e o valor dos investimentos.” (LIMA, 1984, p.11)

De forma a resolver os problemas apresentados na citação anterior, Lelé desenvolveu sistemas construtivos em argamassa armada com peças de até 100 kg, de forma que pudessem ser montadas e transportadas manualmente para áreas de difícil acesso, como é o caso das favelas de Salvador. Lelé ainda realizou pontes em argamassa nas áreas rurais. O sistema de industrialização rudimentar proposto previa a utilização de materiais e mão-de-obra abundantes dessas regiões, seguindo duas principais etapas ligadas ao processo construtivo. A primeira delas previa a pré-fabricação em local adequado, com mínima infra-estrutura e mão-de-obra mais qualificada. A segunda etapa consistia na montagem, que deveria ser o mais simples possível, e uso de mão-de-obra local, pouco ou nada qualificada. As fundações poderiam ser executadas moldadas *in loco* simultaneamente à produção das peças pré-fabricadas, reduzindo-se consideravelmente o tempo de construção.

No Prefácio do livro “Construções de Argamassa Armada” de HANAI (1992, p.11), Lelé destaca:

“Embora conhecida desde o século passado e empregada com total domínio na década de 40 pelo genial Pier Luigi Nervi, a tecnologia da argamassa armada tem tido pouca divulgação e, de um modo geral, restrita ao registro das experiências mais conhecidas, sem o indispensável aprofundamento nos métodos de produção do material e até mesmo de suas verdadeiras características mecânicas. A desinformação vem sendo de tal ordem que, freqüentemente, competentes colegas, influenciados pela semelhança na composição básica desse material e a do concreto armado, persistem no equívoco de não fazer qualquer distinção tecnológica entre eles. Evidentemente, sem levar em conta a presença da malha de ferro difusa e o alto teor de cimento na argamassa armada, que possibilitam a produção de peças com apenas 2 cm de espessura, criando para ela um campo próprio de utilização que absolutamente não é atingido pelo concreto armado. As características de leveza, proporcionadas por essas pequenas espessuras, determinam um fator decisivo para a especulação das potencialidades desse material no momento em que temos consciência da necessidade urgente de se reduzir os altos custos de energia e os desperdícios de matéria-prima que envolvem, em geral, os métodos convencionais da construção civil.”

E:

“Infelizmente, o desenvolvimento de sistemas industrializados de produção de argamassa armada, envolvendo a criação de desenhos específicos e apropriados a cada tipo de intervenção que permitam atender demandas sociais na escala exigida, implica sempre investimentos significativos com os quais a iniciativa privada não está disposta a arcar sem que haja não só a garantia de mercado, mas, sobretudo, maior segurança no sucesso de aplicação de tecnologia.”

A argamassa armada constitui uma tecnologia muito interessante quando falamos em industrialização da construção. As peças leve e finas podem ser utilizadas com muita facilidade pelo país de clima tropical. Na “escola transitória” de Abadiânia, o sistema construtivo em argamassa armada baseia-se em componentes lineares estruturais (que formam o esqueleto), complementados por painéis de fechamento em argamassa armada e telhas no mesmo material. Descreve Lelé:

“(...) aproveitando sobretudo as características de leveza e flexibilidade do material, o que facilita seu transporte manual ou mecânico temos orientado o seu emprego na pré-fabricação e industrialização, a exemplo das aplicações realizadas na União Soviética.

Acreditamos, também, que a execução em usina possibilita a utilização de tecnologia de seleção de agregado, de controle do fator água-cimento e de cura mais aperfeiçoadas reduzindo em consequência os efeitos da forte retração que se verifica nas argamassas com alto teor de cimento.” (LIMA, 1984, p.23)

Os sistemas em argamassa armada ainda demonstram-se interessantes pela baixa necessidade de manutenção dos edifícios, maior resistência, utilização em maior escala de mão-de-obra não qualificada, baixa necessidade de produtos advindos das regiões mais industrializadas do país, e sistema construtivo de melhor desempenho termo-acústico, devido a um desenho mais elaborado da peças (comparou-se ao protótipo de mesmas características realizado em madeira). O protótipo realizado em Abadiânia – GO tem área de 285 m², foi realizado em 45 dias. E por coincidência, incluindo a pavimentação, pesa menos de 45 toneladas, possuindo vãos menores que 5 metros, o que viabiliza seu transporte a distâncias consideráveis e custos acessíveis. Os caminhões mais comuns podem transportar de 4 a 26 toneladas de material.

Os materiais constituintes dessa tecnologia são basicamente a argamassa, os agregados miúdos e as armaduras metálicas. A argamassa pode ser constituída por cimentos de vários tipos, mais comuns ou especiais, aditivados (que não são utilizados no CTRS), e agregados que podem ser areias retiradas da margem de rios ou areias produzidas por meio de brita. Na argamassa, ainda podem ser adicionadas fibras, como por exemplo, de nylon, silício ou fibras metálicas. Nas armaduras utilizam-se, dependendo do caso, telas de várias ordens: de malha tecida quadrada, de malha tecida hexagonal (tela de galinheiro), telas soldadas. Para o correto recobrimento da peça são utilizados espaçadores plásticos, de borracha dura ou em alguns casos, pequenas e simples placas de fibrocimento. A argamassagem pode ser realizada manualmente – técnica muito utilizada na construção de reservatórios de água cilíndricos, esculturas e embarcações – ou, por meio da fundição em usina, como é o caso da fábrica de componentes de argamassa armada do CTRS. No caso da produção em fábrica as fôrmas podem ser executadas em alvenaria, sobre a qual se apoiam as peças ou metálicas, assim como ocorre no CTRS. Sob o ponto de vista estrutural, a tecnologia

pode ser utilizada no projeto de cascas em geral, folhas poliédricas, perfis estruturais lineares, treliças e ainda fazer parte de outros sistemas estruturais com elementos secundários. As placas de argamassa armada podem ser as formas para obras de concretagem, sendo até mesmo deixadas após a capa superior de concreto moldado *in loco* como acabamento.

O trabalho da produção das peças em argamassa armada consiste em 8 atividades principais. São elas: confecção de armaduras metálicas, produção e distribuição da argamassa, fundição, cura, desmoldagem, montagem dos moldes metálicos, controle de qualidade e estocagem. A produção é bastante racionalizada e linear, de modo a utilizar menor quantidade de mão-de-obra na oficina do CTRS, que trabalha de forma mais intermitente. Reduções na produção poderiam significar mão-de-obra ociosa. A fábrica funciona, hoje em dia, com 25 operários. É responsável pela produção de peças como:

1. **Anel de caixa d'água** - São peças cilíndricas que sobrepostas formam as torres de caixa d'água. São formadas por dois anéis unidos de diâmetros diferentes.
2. **Arremate de divisória** - Constituem peças de acabamento de divisórias quando estas não terminam nos pilares metálicos.
3. **Calha pilar de galeria** - Peça para encaixe dos pilares das galerias.
4. **Divisória tipo e pilar** - As vedações, tanto internas quanto externas, são compostas por duas divisórias, de forma a garantir qualidades acústicas e térmicas aos ambientes. Ao mesmo tempo, permitem a passagem de instalações de elétrica e hidráulica. São peças planas com duas abas, recortadas para parafusos de fixação e rejunte. São instaladas manualmente sobre um rodapé em argamassa pré-moldada ou moldada *in loco*.

Existem divisórias tipo e de divisórias encontro com pilar. Ambas possuem 620 mm de largura. As divisórias tipo tem o peso de 125 kg. São compostas por 5,6 kg de ferragem, 34 kg de cimento e 67 kg de agregado miúdo.

5. **Forro Tipo** - É uma peça plana, leve, destinada a esconder instalações e peças estruturais de lajes. No caso da cobertura em "shed" metálico, o forro é realizado com placas galvanizadas.

6. Forro Seccionado

7. Lateral de Galeria

8. Lateral de Canto de Galeria

9. Meio-fio

Figura 169 - Desenhos de alguns dos componentes em argamassa armada realizados pelo CTRS. Realizados pelo Autor, 2008.

Anel de Caixa D'água

Arremate de Divisória

Calha Pilar de Galeria

Divisória Tipo

10. Muro do artista plástico Athos Bulcão - É uma peça plana, vazada, utilizada como muro, sem perda total da visão. São instaladas sobre sapatas, também constituintes desta lista de componentes.

11. Placa de Piso Tipo - As placas de piso possuem 57x57 cm e são assentadas com junta de 2,5 mm. Possuem 3,5 cm de espessura e podem ou não receber polimento.

12. Placa de Piso de Extremo

13. Rufo do Forro

14. Piso “Pi”

15. Rodapé Tipo e Extremo

16. Rufo Concha Acústica

17. Sapata de Galeria

18. Sapata do Muro de Athos

19. Tampo Tipo

20. Tampo Pilar de Galeria

21. Viga Concha Acústica

Fonte dos nomes das peças: Caderno de Componentes em Argamassa-Armada do CTRS.

Figura 170 - Muro de Athos Bulcão. Foto do autor, 2008.

Figura 171 - Perspectiva Eletrônica da Oficina de Pré-moldados em Argamassa Armada. Desenho do autor, 2008.

Figura 172 - Diagrama de Produção da Usina de Pré-moldados em Argamassa Armada do CTRS. Realizado pelo autor, 2008.

Legenda

- 1 Confeção das armaduras metálicas
- 2 Produção e Distribuição da Argamassa
- 3 Fundição
- 4 Cura
- 5 Desmoldagem
- 6 Montagem dos Moldes Metálicos
- 7 Controle de Qualidade

1. ConfeCção das armaduras metálicas

Figura 173 - Produção das Armaduras Metálicas para as Divisórias Tipo. Foto do autor, 2008.

Para a confecção das armaduras metálicas são utilizadas telas de aço, vergalhões de aço (para combater esforços específicos) e Dramix, nome comercial de fibras de aço produzidas pela Companhia Belgo Mineira. Esse material tem a função de reduzir o uso das telas metálicas, diminuindo o custo da armadura em cerca de 50% e facilitando sua execução. Essas fibras são adicionadas ao concreto e misturadas de forma homogênea, facilitando o preenchimento de formas menores. As fibras rígidas e lisas possuem os extremos dobrados para melhorar a ancoragem no concreto. Os vergalhões que são utilizados principalmente para combater a quebra das bordas e esforços de transporte e são amarrados por meio de pontos de solda, o que proporciona agilidade ao processo. Os reforços são necessários devido às condições em que se encontram as estradas brasileiras, que exigem resistência das peças para que cheguem inteiras ao sítio de implantação do edifício. As malhas, menos resistentes ao eletrodo de solda, são amarradas manualmente por meio de arame próprio para este fim. São utilizados espaçadores fabricados nas injetoras da oficina de plásticos do CTRS. Estes espaçadores têm duas alturas principais para recobrimento de cinco ou dez milímetros.

2. Produção e distribuição da argamassa

Figura 174 - Silo de cimento e Argamassadeiras. Foto do Autor, 2008.

A argamassa é produzida com cimento e areia artificial de brita em diversas granulações. O traço da argamassa utilizada segue a dimensão da padiola, utilizada que é de $0,0875\text{m}^3$. Para cada padiola de agregado, acrescenta-se um saco de cimento de 50kg. A redução com o acréscimo de água é de 1,21, sendo assim, resulta em $0,0723\text{m}^3$ de argamassa pronta por saco de cimento. Utilizam-se cerca de 13,8 sacos de cimento por metro cúbico, sendo o consumo de cimento de 691kg por metro cúbico. Utiliza-se areia de brita em função da escassez de areia de boa qualidade e preocupação ecológica, segundo o pessoal técnico do CTRS. Ocorre, ao mesmo tempo, que a areia costuma ser muito desigual dependendo da jazida e pode conter altos teores de salitre, que ataca a armadura metálica. A argamassa é produzida em duas grandes argamassadeiras que são misturadores horizontais de fita (tipo *ribbon blender*). Esse tipo de misturador possui um eixo interno longitudinal com hastes desalinhadas que são unidas por fitas ou pás metálicas. O cimento é dosado por balança eletrônica em silo, as embalagens de cimento em lona possuem conteúdo de aproximadamente um metro cúbico. Não são utilizados

aditivos de cura ao cimento, pois estes em geral agriem a armadura metálica.

3. Fundição

Após a mistura, a argamassa é recolhida por recipientes metálicos que são alçados e despejados em 4 funis, correspondentes às quatro linhas de produção existentes. As diferentes linhas de produção dependem da fôrma de cura das peças nos tanques. As divisórias tem sua cura realizada na posição vertical e placas de piso e laje, ao contrário, na posição horizontal. O tanque da primeira linha produtiva, destinada à produção de divisórias, possui divisões internas de maneira a se organizarem as formas adequadamente, otimizando o espaço de cura, possibilitando a cura de diversas peças ao mesmo tempo. O número de fôrmas das divisórias chega a 40 peças. Mangueiras nas bocas destes funis permitem que os moldes sejam preenchidos apenas pela gravidade. A abertura e fechamento do sistema é manual, por meio de mecanismo que corta o fluxo do concreto. Esse pequeno detalhe significou alguns estágios de desenvolvimento, pois, nas primeiras iniciativas fechava-se a boca com uma tampa, o que constitui uma dificuldade para os operários, devida ao peso do concreto de agregado miúdo.

Nesta etapa os moldes já foram limpos, revestidos com cera desmoldante especial, foi inserida a armadura metálica e estão fechados. O fechamento dá-se por meio de pinos metálicos em forma de cone colocados nas abas das fôrmas. Na etapa de preenchimento dos moldes, são acoplados vibradores às fôrmas, garantindo que a argamassa preencha todos os espaços e que as bolhas de ar sejam eliminadas quase totalmente.

4. Cura

Os moldes são transportados por pórticos móveis - não são pontes rolantes - e imersos em tanques de água aquecida à temperatura entre 60-70 graus Celsius. Isso exige uma caldeira perto da área de produção. A temperatura não pode passar de 70 graus Celsius, o que “cozinha” a argamassa. Os tanques possuem três metros de profundidade e são construídos em concreto, moldado *in loco*. O fechamento dos tanques é feito com tampas de polycarbonato com estrutura de alumínio. Estes tanques são lavados a cada três meses aproximadamente, dependendo do volume de produção no período.

Figura 175 - Mergulho dos Moldes argamassados nos tanques de cura. Fonte: Arquivo CTRS, 2008.

Figura 176 - Moldes Metálicos, Controle de Qualidade. Fotos do Autor, 2008.

5. Desmol Dagem

Após quatro horas de cura os moldes são transferidos para um sistema mecânico de translação ao longo do qual se realiza a desforma manualmente. Após esta etapa os moldes seguem no sistema de translação para serem limpos e recomeçar o processo. O sistema de translação consiste em um trilho preso à cobertura com rodízios, correntes e roldanas. As peças prontas são transferidas por meio de pórticos móveis para o controle de qualidade.

6. Montagem dos Mol des Metál icos

Os moldes são transladados e no sistema de translação, limpos e encerados para entrar em novo processo de fundição. São constituídos por duas peças, que unidas, – fôrmas envolventes ou fôrmas duplas - dão forma à argamassa. Cada um destes moldes é suspenso em ganchos, que caminham presos a rodízios, pelos trilhos de translação. Por sua vez, a armadura metálica possui conectores metálicos, executados com os mesmos vergalhões que são utilizados nos reforços de bordas, também são suportados por ganchos, com o mesmo sistema, para possibilitar a desforma na linha de translação. Os conectores poderão ser utilizados para a suspensão das peças em obra.

7. Control e de qual idade

As peças desformadas são transladadas mecanicamente para área onde são colocadas em posição adequada para limpeza, reparos e beneficiamento manual. Os pequenos poros existentes são estucados com cimento e água. Hoje, as divisórias produzidas são pintadas na cor branca, com tinta lavável, mais adequada ao uso em ambientes hospitalares. A pintura branca reflete a radiação solar constituindo mais uma estratégia passiva de conforto ambiental. Para a execução dos pisos, há uma lixadeira industrial, que permite que a face exposta seja bastante lisa e regular. As fôrmas de piso possuem apenas um lado, e são curadas na posição horizontal, sendo chamadas de fôrmas parciais ou fôrmas simples.

Figura 177 - Montagem e estocagem dos "Palets" para transporte. Foto do Autor, 2008.

8. EstocagEm

Após controle de qualidade, as peças são armazenadas e paletizadas em estruturas metálicas, com espaçadores de madeira. Posteriormente são carregadas em caminhões por meio de uma terceira linha de pórticos com guinchos. Os caminhões levam as peças para as obras Brasil afora.

14. ENTREVISTA COM LELE

PABLO - Como foi o começo do trabalho de pré-fabricação na sua carreira?

LELE - O problema foi gerado pela minha ida a Brasília. Brasília devia ser construída em 3 anos. Em 1957 não havia nada e ela tinha que ser inaugurada em 1960. Então, nós tivemos lá que improvisar muitos, vamos dizer, sistemas de racionalização, não pré-fabricação, que naquela época não se fazia, mas, a racionalização da construção, repetição de fôrmas, o uso de fôrmas várias vezes sim; para você ganhar tempo na construção. O objetivo principal era esse. Ao mesmo tempo os canteiros de obra eram verdadeiras pequenas cidades; tinham que ter tudo, lá (Brasília) não tinha nada, tinha que ter refeitório, alojamento para todos os operários, tinha que ter lavanderia, enfim, todas as coisas necessárias para o dia-a-dia você tinha que “subir” dentro do canteiro de obras. E foi nesses canteiros que eu utilizei muito a pré-fabricação em madeira, mas o objetivo era sempre ganhar tempo. Naquela época utilizávamos muito o pinho do Paraná, que era uma madeira considerada vil, era usada para fôrmas de construção, etc. O custo desta madeira era muito baixo comparado com o retorno que dava que eram os moldes de concreto. Foi inclusive uma madeira que se extinguiu, até devido ao mal uso que houve. Hoje é muito raro você encontrar um pinheiro do Paraná com três metros de diâmetro, como tinha antigamente, por causa justamente da construção civil que foi extremamente predatória neste período. Mas de qualquer maneira, os primeiros exercícios que nós fizemos quando as pessoas foram para Brasília no sentido de industrializar foram justamente com a madeira.

E a madeira evidentemente que é um material diferente do concreto porque ela é desbastada. A perda de madeira é muito grande. Você pega uma tora e vai tirando, tirando, tira as partes podres e o que sobra é muito pouco, e o desbaste sempre te conduz a uma perda enorme. Depois, a perda maior ainda ocorre porque os moldes de concreto não são reaproveitáveis. Ou melhor, não eram naquela época. Hoje em dia sim porque a madeira possui um custo proibitivo. Mas eu diria isso, que os primeiros exercícios da pré-fabricação foram com a madeira, e com o concreto no sentido de racionalizar mais a construção, não de fazer pré-fabricação. Mas houve algumas iniciativas na época, eu me lembro até de uma ocasião que o Oscar Niemeyer me convocou para discutir os prédios, já no fim da construção de Brasília, quase na sua inauguração, para fazer uns prédios pré-fabricados para ver se conseguia fazer mais habitação...

P - Os prédios dos ministérios foram pré-fabricados em aço, não?

L - Os ministérios são em aço. Em aço tem que ser industrializado porque as vigas, inclusive, muitas delas vieram dos Estados Unidos. Grande parte da estrutura foi importada como foi a do

Fonte: Arquivo Público do DF / Autor: sem identificação / Digitalização: Augusto Azeiteiro

Figuras 178, 179 e 180 - Fotos da Construção de Brasília

- “Marco Zero” no ano de 1957. Em primeiro plano a plataforma da Rodoviária. Ao fundo o local onde foi instalada a Esplanada dos Ministérios e ao centro local da implantação do Palácio do Congresso.

- Vista aérea da Esplanada dos Ministérios. Ao fundo o local da implantação da Rodoviária e Hospital de Base.

- O Congresso Nacional e à direita o Palácio do Supremo Tribunal de Justiça. Fonte: Arquivo do Distrito Federal.

Congresso Nacional que foi toda importada dos Estados Unidos. Os ministérios não, muita coisa foi produzida por Volta Redonda. Mas, a estrutura metálica tem que ser montada, não é como ocorre no concreto, já exige um sistema de racionalização um pouco maior em função do canteiro de obras. Mas foi muito pouco, né, muito pouco. De um modo geral as estruturas eram em concreto. Eu não vejo nenhuma iniciativa no sentido de pré-fabricação. Eu acho que as primeiras iniciativas ocorreram na Universidade de Brasília; em 1962, depois da construção de Brasília. Aí sim, nós montamos o Centro de Planejamento, eu era secretário executivo, Oscar (Niemeyer) era o coordenador dos cursos de arquitetura. Esse centro se chamava CEPLAN, Centro de Planejamento. E foi lá que nós iniciamos a pré-fabricação.

P - Podemos considerar 62 como marco para o início da pré-fabricação no Brasil?

L - É, nessa época houve projetos de Oscar, houve projetos meus como o da Colina, os Serviços Gerais também foi meu projeto.

P - Oscar Niemeyer é o mestre do concreto armado moldado *in loco*...

L - O problema é o seguinte, o Oscar explora principalmente a plasticidade do concreto que exige moldes diferentes, nada industrializado e nem pré-fabricado...

P - Foi Oscar quem deu este impulso em direção da pré-fabricação?

L - O impulso para a pré-fabricação foi na Universidade de Brasília onde Darcy Ribeiro, ele tinha idéias assim sensacionais em relação que a Universidade fosse o canteiro onde se projetasse e se produzisse os prédios, essas coisas. A idéia propriamente de montar uma fábrica de pré-fabricados, era uma coisa que Darcy queria. No pós-guerra a Europa usou muito a pré-fabricação, principalmente sistemas como o “Camus” que era de paredes portantes. Houve muita pré-fabricação lá. Eu inclusive visitei as fábricas de um modo geral da Europa, pela Universidade.

P - As condições européias tinham semelhança ao panorama brasileiro?

L - Não, é que na Europa você estava no pós-guerra e a destruição foi terrível. Então eles precisavam reconstruir com muita urgência, principalmente na Rússia, nos países do Leste; onde a destruição foi maior. Lá eles precisavam construir apartamentos e habitações, principalmente habitações. De forma que nós também vivenciamos essas experiências lá. Nós viajamos para lá com essa finalidade de ver o que eles estavam fazendo. E tínhamos a intenção de aprimorar isso justamente para praticar isso no Brasil. Para fazer a nossa fábrica na Universidade de Brasília.

Figura 181 - Escola em Argamassa Armada no Centro Administrativo da Bahia, Salvador. Obra produzida pela FAEC em 1988. Foto do Autor, 2008.

P - O senhor através desse conhecimento construiu várias fábricas de pré-fabricados no Brasil...

L - É, mas as fábricas que eu propus aqui no Brasil eram fábricas de pré-moldados de argamassa armada. Na verdade foram feitas para a prefeitura do Rio de Janeiro, por exemplo, também para o Estado. O objetivo era fazer principalmente escolas, não foi para produzir habitação. Era para produzir equipamentos para a área social. Escolas, postos de saúde, creches...

P - E qual é o porquê da opção pela argamassa armada?

L - Para ficar mais leve. Nessa época, no Rio de Janeiro, se produziam muitas escolas, depois se começou a produzir em Salvador. No Rio de Janeiro chegamos a produzir 200 escolas e depois muitos postos de saúde, casas da criança, que eram pequenas creches. No Rio de Janeiro usávamos esse tipo de tecnologia nas favelas. Eu acho, principalmente levando-se em conta o sítio onde elas eram implantadas, era uma construção que a gente pensa quase que transitória, porque tinham que se ajustar em condições muito difíceis até de local, de topografia, de espaço físico, o que sobra naquelas áreas muito adensadas das favelas.

P - As peças podiam ser transportadas por duas pessoas, não é?

L - É, eram transportadas a mão por duas pessoas; não dava para pensar em guindastes. Mesmo aqui em Salvador também. As nossas escolas nós montamos nas favelas. Para isso elas tinham que ter uma tecnologia que permitisse... e a argamassa armada favorece pelo próprio peso, as peças são finas o que permite o transporte por apenas duas pessoas.

P - Essa tecnologia também se relaciona com as tipologias nas quais era empregada. A necessidade em relação à modulação, vãos...

L - É, a gente desenvolveu muita coisa em argamassa armada para as cidades; saneamento básico também. Muitas coisas foram feitas, não foi só na área de escolas, não. Fizemos muitas coisas, sanitários públicos, um repertório enorme.

P - Os sanitários são particularmente engenhosos.

L - É, nossa idéia nos sanitários é que depois, quando a gente quisesse automatizá-los... mas, tudo nesse período – a gente imaginava – que tinha que usar a mão de obra intensamente, era preciso dar emprego às pessoas, né? Hoje o mundo globalizado tá pouco se lixando com o desemprego. As coisas são produzidas a qualquer custo. De forma que o conceito que a gente tinha de sociedade é muito diferente do conceito de hoje. Quando a gente fez as fábricas, a fábrica do Rio, a

fábrica de Abadiânia, a idéia era sempre se usar um contingente grande de mão-de-obra. Era produzir uma obra racionalizada em que se economizasse nos materiais, mas não desprezasse a mão-de-obra. Se você comprasse equipamentos e equipamentos para a automatização, significaria desemprego, o que a gente não queria. Nós desenvolvemos uma tecnologia que permitisse o uso da mão-de-obra, que não reduzisse a mão-de-obra, pelo contrário, até crescia a necessidade de mão-de-obra. No entanto, ao mesmo tempo você tinha uma rapidez muito grande nas construções, se fazia uma escola dessas em quinze dias, coisa que não poderia ocorrer numa construção convencional.

P - O trabalho do senhor tem uma forte relação com o pós-ocupação, sempre evoluindo a partir de sistemas construtivos básicos na sua obra. O senhor acredita que isso seja possível numa construção convencional?

Figura 182 - Junção aparafusada entre duas peças em argamassa armada com função de viga. Foto do Autor, 2008.

L - É possível, mas numa construção convencional além do problema da velocidade tem o fato de que você não consegue qualificar bem as pessoas, os pedreiros, por exemplo. Porque construção convencional está apoiada na mão de obra artesanal. Você tem que ter uma pessoa qualificada que saiba fazer uma parede de tijolos, essas coisas mínimas que tem que saber fazer... Quando chegam os acabamentos, mais ainda. Agora, já uma construção dessas que é quase que um jogo de armar, você consegue treinar qualquer pessoa rapidamente. Nós tentamos usar mão-de-obra, inclusive, dos locais da construção. Eram contratados ali no local mesmo e não havia nenhuma dificuldade por parte deles em aprender como armar. É uma coisa até lúdica de encaixar as coisas. Quando nós produzimos as escolas em argamassa armada os objetivos – isso foi na época principalmente em que o Brasil estava saindo do regime de ditadura, tava havendo a abertura política – e nós estávamos pensando que através de um sistema desse tipo nós conseguiríamos resolver pelo menos esses problemas sociais, de saúde, de educação, com equipamentos nessa área. Construindo no interior, em cidades mais isoladas; cidades que tem mais dificuldade em se apropriar dessas técnicas. Então nosso objetivo era esse, um objetivo social. Não abríamos mão de jeito nenhum da questão do emprego. Então, procurávamos bloquear as questões de automação. Tudo que era muito automatizado a gente não usava porque significava menos empregos. Agora veja! Eu acho que a automação é uma questão complexa, mas que na verdade ela não exige assim uma grande criatividade por parte do Arquiteto. O objetivo realmente é se reduzir a mão-de-obra. Eu gosto de automação... veja aqui, por exemplo, a nossa fábrica de argamassa armada. Ela tem um nível de automação razoável. Veja, não é nenhum absurdo, mas é um nível razoável.

P - é diferente das outras oficinas, tem uma produção mais linear...

L - É claro. Por que a gente fez isso? Porque aqui, como a produção dessa fábrica de argamassa armada ia ser intermitente, com um fluxo contínuo, devido aos hospitais poderem estar em fases de construção diferentes, então o que tínhamos que fazer era reduzir a mão-de-obra. Se tivéssemos uma mão-de-obra que ficasse ociosa sem sabermos o que fazer com ela, obviamente os custos subiriam muito. Então podemos operar essa oficina, com o nível de automação que temos, com pouca gente. Então ela está sempre criando um certo prejuízo quando fica ociosa, mas não tanto como criaria se fosse baseada na mão-de-obra e com pouca automação.

P - Na sua pré-fabricação, notamos a presença de uma pré-fabricação muito diferente da usual, com sistemas muito flexíveis, e sem ser redutória...

L - Não, por causa do problema dos hospitais que te estimulam a ter soluções diferentes, os programas vão mudando, e a evolução da parte terapêutica é muito rápida.

P - Não se trata de um sistema fechado, não?

L - Não, é completamente aberto. Eu acho que os sistemas fechados podem e devem ser usados na questão da habitação. Porque na questão da habitação você tem programas mais ou menos rígidos então você pode realmente estabelecer uma pré-fabricação em um sistema mais rigoroso, fechado. Num programa como hospital... mesmo em escolas nós éramos obrigados a ter um sistema completamente aberto em função das diferentes implantações.

P - Como o senhor faz um balanço da pré-fabricação? Ainda no mesmo tema, assim como aconteceu na Europa do pós-guerra, o senhor acredita que a pré-fabricação tem que ter relação com o Estado?

L - É, nesses países que foram bem sucedidos na pré-fabricação, quase toda a produção era estatal. Eu acho que, lógico, isso facilita. Agora, eu acho que seria possível na industrialização da construção você ter, vamos dizer, a pré-fabricação muito mais desenvolvida do que ela é hoje se você não estivesse, primeiro, num país subdesenvolvido como o nosso. A nossa situação é paradoxal; nós temos a demanda, isso significaria industrialização ou justificaria, conduziria à industrialização, em função da grande economia de escala quando se industrializa. Mas, por outro lado, você absorve na construção civil no Brasil uma mão-de-obra desqualificada que trabalha ocasionalmente em construção, depois os surtos de construção diminuem então ela fica desempregada. Então precisa

ser uma construção que absorva esse tipo de mão-de-obra. Você não pode treinar as pessoas. Então para você ter um processo industrializado mais bem organizado, claro que você teria que ter pessoas treinadas, claro que não precisa ser todo mundo. Como na fábrica tem um bom contingente de pessoas que foram treinadas, senão você não faz... é muito difícil. As pessoas acham, supõem que você tendo determinados equipamentos, se você tiver esse edifício aqui, que você faz industrialização, não faz, não faz; se não tiver as pessoas que estão aqui dentro não faz. É a mesma coisa que você pensar: ah, é muito bom esse violão, para você que toca violão, se você não souber tocar, não toca. Não adianta nada. Então não existe essa coisa de resolver tendo o instrumento, mas as pessoas ainda acham que em construção civil você tendo o instrumento você resolve.

P - então, por outro lado, também é muito difícil formar o artesão necessário para as construções convencionais, não é?

L - Ah, esse aí é impossível, é impossível porque ele já se perdeu no tempo. Por isso que a construção civil é muito mal qualificada; você tem produtos industrializados de alta qualidade, mas quando chega na hora de integrá-los é um caos, uma tragédia. A construção é uma tragédia... o canteiro é uma tragédia, agora os produtos não. Você tem pisos que evoluíram muito bem, hoje você tem pavimentações muito boas, aliás esquadrias bem feitas, tecnologia da industrialização, provinda do desenvolvimento de outros parques industriais como o automobilístico – ele começa a criar facilidades para você aplicar em várias coisas. Hoje, por exemplo, todos os nossos motores que usamos nos processos de mecanização e motorização das esquadrias são todos da indústria automobilística. Usamos toda hora produtos da indústria automobilística, motorizações. Existe um parque industrial para esse tipo de necessidade que você pode usar, mas não é esse o problema da construção civil. O problema da construção civil é fazer paredes, portas, janelas, e isso é completamente desintegrado. Você não tem integração, então você não tem um sistema industrializado. Você tem um sistema que é barato baseado numa mão-de-obra que recebe muito pouco dinheiro para sobreviver.

P - o CTRS trabalha no sentido de se utilizar desse potencial instalado industrial...

L - Ah, é, nós estamos toda hora fuçando porque a gente tem muito esse problema na construção. Existe uma indústria instalada. Hoje, por exemplo, são indústrias afins, não chegam a ser específicas para a construção civil, mas como a nossa atividade é bastante abrangente você acaba usando. Nesse sentido, eu acho que todos os dias nós estamos procurando uma coisa ou outra para mudar as técnicas de construção. Chega-se ao absurdo, absurdo entre aspas, de você de repente estar fazendo coisas que o parque industrial faz. Até, por

exemplo, a poltrona do auditório (Sarah Rio) que nós estamos fazendo aqui. Parece um absurdo, mas não é um absurdo. Você vai ver... não evoluiu essa questão. Hoje em dia você vai para um congresso e você tem que ter o lugar para colocar o computador e as poltronas continuam com aquele bracinho à direita que você não pode colocar um laptop; passando a ser uma coisa sem solução. Ou você deixa o cara colocar o laptop na perna, ou então... Isso é uma incongruência num hospital tão sofisticado. Você chega lá, tá tudo funcionando... aí quando você chega no auditório, põe o computador na perna; não parece uma coisa inteligente. Então a gente acaba tendo que desenhar uma poltrona. Mas é um caso especial. Desenhar a poltrona não significa que a gente vai fazer tudo, não, muitas coisas a gente vai aproveitando o que está disponível aí na indústria. Outra coisa também é essa questão do estofamento, devido à indústria automobilística principalmente, evoluiu muito. Hoje em dia você pode fazer um estofamento de boa qualidade e tem pequenas oficinas por aí que fazem muito bem estofamentos. Certas coisas mudam o perfil com a industrialização. E a construção civil, o que falta a ela é a integração. Integração desses vários fazeres e saberes. É preciso saber integrar todas essas formas; integrar com inteligência. A construção civil é meio “Frankenstein”, você vai juntando as partes de qualquer maneira. A forma de juntá-las... você vê o Frankenstein com aqueles pontos, aquelas coisas grudadas... a construção civil me lembra muito aquilo, né, tudo é assim, mal juntado. São coisas que não são feitas umas com as outras. Eu acho que é preciso integrar. Para isso acho que era fundamental a presença do arquiteto, agora não o arquiteto que fica desenhando... fica fora do ambiente da obra, mas sim o arquiteto retomar essa posição na obra, pra ele como projetista, vamos dizer, a pessoa mais importante na concepção desse todo, consiga articular todas essas formas, para fazer alguma coisa com que tenha uma unidade.

P - não existe arquiteto que não tenha relação com a obra?

L - Eu acho que é impossível, mas no Brasil todos não tem (risos). No momento não, ninguém se interessa. O arquiteto vai à obra só para ver como é que ficou... Ah, ficou bom, tá bom!... não para ver como é que se está fazendo.

P - Aqui no CTRS, o arquiteto evolui com o contato com as especialidades das oficinas?

L - Ah, lógico. Eu acho que o arquiteto, dentro dessa questão da recorrência, é forçado, até por um lado exótico da profissão, é obrigado a estar sempre criando novas formas. Essa questão da originalidade é muito estimulada na nossa profissão, mas eu acho que a recorrência garante uma sedimentação maior das experiências. Você faz uma obra que você próprio testou no fim da obra e você consegue fazer uma nova, corrigindo aqueles problemas, recorrendo ao mesmo sistema, eu acho que você está aprimorando o ato de

Figura 183 - Parthenon, Atenas, Grécia, séc. IV a.C. Fídias. Foto do Autor, 2007.

Figura 184 - Diagrama de Ventilação de autoria do Arquiteto João Filgueiras Lima. Fonte: Arquivo CTRS, 2008.

construir, o que é importante. Cada vez que você aprimora mais o ato de construir, você está criando um repertório maior para você ser mais criativo; você não está criando uma limitação, você está testando. É um laboratório onde você testa novas experiências, mas usando a recorrência. Por exemplo, na Arquitetura Grega o mesmo templo grego foi reproduzido n vezes; ele caminhou, evoluiu do dórico pro jônico, pro coríntio, com formas diferentes dos capitéis, mas basicamente era a mesma... se você for ver os antecedentes, por exemplo do Parthenon, que talvez seja um dos prédios mais bem proporcionados da arquitetura grega, ele evoluiu de outras construções muito semelhantes, de outros templos muito semelhantes. Se você for ver o primeiro templo dórico que foi feito você vai ver que é uma coisa pesadíssima, eles não dominavam muito a técnica.

P - Esses templos tem origem em madeira, não é?

L - Sim, vieram da madeira. Quando você lê Vitrúvio tem uma parte muito interessante que ele fala sobre o intercolúnio, que quando maior, quando você pudesse passar duas pessoas lado a lado, proporcionava uma construção mais elegante, mais bonita. Mas, tinha a limitação da arquitrave, da viga que era de pedra e tinha que vencer o vão, que trabalha péssimamente à flexão. Nesse capítulo ele chegava à conclusão de que para conseguir um intercolúnio maior era melhor voltar à madeira, quer dizer, abandonar a pedra, que não é a tecnologia adequada para isso.

P - A arquitetura é um processo coletivo...

L - Coletivo...as pessoas estão trabalhando. Você vê a minha presença aqui (no CTRS). Claro que eu estou aqui disponível e tomo conhecimento de tudo que está se fazendo aqui. Eu tenho conhecimento aqui de tudo que está se fazendo na oficina, em todos os lugares. Tudo passa por mim, mas eu não estou comprimindo ninguém e impedindo ninguém de ser criativo. Eu, como coordenador, sou obrigado, até, a exercer essa função de controlar as coisas; como responsável máximo técnico por essas coisas. O que interessa é o trabalho de equipe; todas as pessoas estão sentadas produzindo. Você não vê ninguém aqui não produzindo. Você teve a oportunidade de passar alguns dias aqui e todo mundo estava produzindo, da sua maneira. Então, é um trabalho integrado.

P - Aqui também se valoriza, de forma não muito comum hoje em dia, a proficiência do profissional de projeto. Isso se perde um pouco em função das novas ferramentas.

L - Lógico. Bom, eu acho que é importante trabalhar integrado. Você tem facilidades de integração com as novas tecnologias, mas eu acho que nada substitui a presença das pessoas. Hoje você pode

produzir uma música um cara tocando aqui um lá, grava aqui, grava lá... mas isso não é a mesma coisa que você ter uma Jam Session ao vivo em que as pessoas estão interagindo umas com as outras. Eu não sei como substituir essa integração.

P - Aqui há interação entre projeto, chão de fábrica... tudo junto.

L - Eu acho que nós devíamos procurar essa união. Para fazermos a arquitetura do dia-a-dia, do cotidiano, escolas, hospitais. Veja, o que ocorre é que quando hoje em dia se decide fazer arquitetura os modelos são sempre as arquiteturas grandiloqüentes que são especiais! Elas não são feitas no dia-a-dia porque não se pode. Você imagina se toda uma cidade fosse feita com palácios ou com museus, ninguém aprendia, ninguém comia, ninguém fazia mais nada. Então a cidade tem outras coisas que tem que ser resolvidas, tem o esgoto, tem uma porção de coisas que tem que ser resolvidas com inteligência e o arquiteto deveria estar contribuindo para isso. Mas, para isso ele não pode só querer fazer obras-primas, originais, uma coisa que acontece raramente na vida de um profissional.

P - Obrigado pela conversa.

L - Nós temos o maior interesse. Nos isolamos um pouco aqui até por contingência da nossa situação administrativa oficial. Uma situação meio esquisita, somos proibidos de fazer convênios com as instituições, afinal de contas nós mexemos com o dinheiro público. É importante que esse investimento que foi feito aqui desse um retorno grande, e eu reconheço que ele está dando um retorno limitado porque estamos produzindo muito menos do que devíamos. Nosso potencial produtivo está sendo subutilizado. Existem muitas razões aí que acabam deixando a gente meio constrangidos, mas eu acho, por outro lado, que essa experiência que está aqui é uma experiência que tinha que ser estudada melhor. Tinha que ser avaliada melhor. Não por nós que iniciamos ela, por outras pessoas que estejam interessadas; que vissem o que isso podia significar em termos do profissional arquiteto. Como pode se ajustar o perfil do arquiteto a este modelo que está aqui e vice-versa. É claro que nós estamos aqui na contramão de tudo que se faz em arquitetura.

P - E parece ser a linha certa.

L - Não sei, não digo isso, mas eu acho que pelo menos tinha que ser avaliado. Por que estamos na contramão de tudo que está se fazendo? (...)Na minha arquitetura, em relação à questão de sustentabilidade... A globalização tem como função criar modelos que sirvam para o mundo inteiro, modelos arquitetônicos. Nós estamos vivendo essa coisa de ter sempre ar-condicionado, de ter iluminação artificial. São modelos que vem sendo impostos a partir da globalização como modelos ideais para que se tenha conforto ambiental, e não mais a

utilização de recursos naturais. De forma que eu acho que é um choque, no mundo desenvolvido estão procurando a sustentabilidade, nós aqui estamos reproduzindo gestos deles. E copiando com uma certa burrice pretenciosa; a burrice é sempre pretenciosa. Mas, estamos copiando modelos e estamos achando que estamos globalizados, enquanto eles lá estão discutindo outros problemas.

P - Sim, sua arquitetura abrange estas questões desde o partido, apropriação do local.

L - É, eu fiz um projeto agora, que a maquete vão entregar hoje, que são uns prédios que vão ficar num buraco, que ficam praticamente pousados sobre a vegetação que existe lá, como se tivessem descido de para-quedas lá e pousado, mantendo a vegetação. Acho que essa questão da sustentabilidade passa por isso. A coisa vem de dentro, não pode ser uma questão superposta ao problema dado. Acho que ou o projeto é concebido pensando na sustentabilidade do planeta, pensando na sobrevivência do planeta, pensando em preservar as coisas que a gente acha importante, ou então não adianta esse discurso fútil da sustentabilidade, que é uma coisa para a mídia; do tipo: Olha, eu coloquei um aquecimento solar aqui e estou esquentando a água da minha piscina... não adianta nada, isso é uma bobagem.

P - O arquiteto consciente sempre buscou utilizar bem os recursos naturais?

L - Sim. Acho que todos esses modismos que ocorrem na arquitetura tem que ser vistos com uma certa reserva. Essa questão da sustentabilidade é uma coisa que agora está na moda e depois passa. Claro, toda vida eu sempre pensei na questão da sustentabilidade. Eu acho que a base da nossa ação é a economia, ou seja, tudo na natureza é feito de uma forma econômica, então, a sustentabilidade passa por uma economia, se não houver economia não há sustentabilidade. Economia que eu digo é o uso inteligente dos recursos naturais, não é que a gente vá deixar de usar. Eu digo, a gente precisa do oxigênio para respirar, então vamos respirar o oxigênio, agora eu uso só o oxigênio que o meu pulmão precisa, não vou desperdiçar o oxigênio. Felizmente isso não é possível, pois o pulmão que determina. No entanto, existem outras coisas que estamos desperdiçando como é o caso da água e outros recursos naturais que a gente simplesmente joga fora. Veja a indústria da alimentação; que desperdício que existe nas grandes produções! Analisando o ser humano, veremos que ele sempre desperdiça coisas. Então, sempre quando eu falo sobre a tecnologia eu cito o caso da abelha que faz os hexágonos, porque não há forma mais econômica dela fazer aquelas cápsulas. Caso fossem feitas em forma redonda, se perderia uma porção de material entre as tangentes das circunferências; como o cupim faz com a terra, que está disponível, é outra coisa. A abelha tem consciência, ela se desenvolveu tendo o sentido da importância de uma matéria-prima que ela usa que é

difícilima; que ela tem que trazer da flor, colocar nas perninhas. Ela tem que economizar aquilo, é um material super-nobre para ela, essencial. Nós vamos aprender com a abelha a fazer o *honey comb*. A Natureza nos oferece uma porção de lições de economia para o dia-a-dia. O que é preciso é isso, a base é economia, o resto é decorrência. Eu tinha feito um outro projeto aqui para o TRE (Tribunal Regional de Contas no Centro Administrativo do Estado da Bahia) que eu tinha previsto um intercolúnio de trinta metros que inicialmente eu achei que ficava melhor, mas o custo das vigas ia ficar tão alto que achei depois que não ia ficar bom. Depois eu fiz com um intercolúnio menor, de quinze metros, e achei que como implantação ficou melhor. Então, o grande vão é uma coisa que tecnologicamente a gente enaltece, acha que é uma grande conquista, tudo bem, eu não sou contra isso, mas nem sempre é o grande vão que tem que existir. Se o grande vão for necessário, se você tem que fazer uma ponte tipo a *Golden Gate* para atravessar a baía de São Francisco, acho que a tecnologia está excelente, um vão de 1200 metros. Mas ele tem que ser colocado com inteligência, não num exercício que você faz por obrigação, ele vem na medida que é necessário. Existe uma nuance nessas coisas que é preciso a gente estar sempre atento.

15. FÁBRICA DE ALIMENTOS

Projeto de Indústria de Alimentos

Apresentarei a seguir o Projeto de Indústria de Alimentos, realizado concomitantemente à pesquisa sobre o tema da Arquitetura Industrial. Nesse sentido, serão colocadas de forma discursiva as metodologias de projeto que encaminharam a cada uma das soluções. Serão apresentados desenhos técnicos, perspectivas, diagramas e referências. O intuito deste trabalho é apresentar de forma prática as questões do edifício industrial de alimentos, em geral. Isso será realizado através da aplicação dos conceitos apresentados nos outros Capítulos, bem como novas situações específicas.

Ainda não é possível serem feitas avaliações pós-ocupação, mas, podemos buscar referências em outras indústrias para suprir tal deficiência. Apesar de ser uma análise com intuito acadêmico, o projeto é real. Existe um cliente e intenção da execução, o que torna mais preciso o estudo.

Vale destacar que a Dissertação busca estudar o Edifício Industrial primordialmente sob o enfoque da construção Industrializada.

Considerações iniciais

Os produtos desta fábrica visam atender a necessidades orgânicas, por isso é imperativo que o projeto garanta a segurança e a qualidade dos mesmos. Conhecer o produto, suas características, seus possíveis contaminantes é fundamental. O manuseio dos produtos, o processamento e a armazenagem requerem cuidados específicos.

A edificação já aprovada pela prefeitura do município no qual será instalada, passou por 4 terrenos diferentes, 5 estudos preliminares e 2 ante-projetos. Esses estudos preliminares são úteis como uma forma de aproximação de questões produtivas específicas da fábrica. O valor do projeto está justamente na experimentação, nos desenhos, no diálogo arquitetônico entre cada uma das soluções. É comum em arquitetura que o arquiteto se depare com problemas específicos, tendo que buscar conhecimento em outras áreas para justamente coordenar a ocupação global e atividades. Nesse sentido, o arquiteto de prancheta acaba sendo justamente o contrário do especialista.

A unidade industrial está composta por duas plantas produtivas, que estão impedidas de contato. As legislações vigentes para as duas atividades exigem diferentes graus de segurança, no entanto, com o constante aumento do rigor do controle dessas atividades pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) convém se adotar nos dois casos a Legislação mais restritiva. No caso das indústrias de Alimentos aplicam-se principalmente as Resoluções: RDC nº 275 de 21/10/2002, Portaria nº 518 de 25/03/2004, RDC nº 273 de 22/09/2005 (Misturas para o preparo de alimentos). A RDC 275 inclui uma “Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores e/ou Industrializadores de Alimentos”, que verifica, inclusive, a qualidade da edificação e características fundamentais.

Produto

Conceituação da atividade

A seguir apresentarei, de forma sucinta, as características da produção e mercado alvo, fatores essenciais para se estabelecerem questões da imagem industrial perante a sociedade. A necessidade de uma Fábrica de Enriquecimento de Alimentos e Aromas surge com a constante industrialização dos alimentos e a perda dos nutrientes através de processos industriais de confecção dos produtos. Não é uma idéia nova, sendo muito mais freqüente do que possamos imaginar.

A idéia do incremento nutricional de um alimento pela adição de um nutriente, naturalmente presente no alimento ou não, deve-se ao francês Jean Baptiste Boussingault (1802-1887) que recomendou a adição de iodo ao sal de mesa em 1833. Trata-se de uma atividade já tão arraigada na nossa cultura que é inconcebível pensarmos em sal sem a adição de iodo.

Outro programa pioneiro no aperfeiçoamento da qualidade nutricional dos alimentos foi a adição das vitaminas Tiamina, Riboflavina, Niacina e Ferro à farinha e ao pão, em 1941 nos Estados Unidos, adotada como “Encomenda nº 1 de Alimentos para a Guerra”. As razões que levaram os Estados Unidos a enriquecer o pão também estão presentes entre nós:

“Na ocasião (1º. de março de 1983) eu examinei os dados estatísticos do serviço militar em todo o país e constatei que apenas 53% dos jovens de 18 anos são considerados aptos no exame médico. Os outros 47%, ou seja, 360.000 jovens, só no ano passado, foram considerados incapazes por problemas como subnutrição, deficiência de peso e altura, diminuição da acuidade visual e alterações congênitas dos membros inferiores e da coluna”. (VASCONCELLOS, In. Revista Vitae. Ano V – no.14 – agosto de 1997)

Segundo o Dr. Jack Bauernfeind, PhD em Bioquímica de Nutrição e Fisiologia:

“uma das coisas boas da nutrificação (neologismo referente à, podemos dizer, fortificação de quantidade de nutrientes nos alimentos) é que as pessoas podem continuar comendo tudo o que já comem, com o mesmo sabor, com a diferença que estão comendo melhor, do ponto de vista nutricional”

O direito à alimentação é um dos princípios proclamados em 1948, pela “Declaração universal dos direitos do homem”. No Brasil, desde meados dos anos noventa vem se avançando em relação a este problema. Alguns governos estaduais procuram enriquecer seus produtos, como é o caso do leite ou pão (gratuitamente distribuídos) e de merendas escolares, com misturas de vitaminas e minerais que segundo pesquisas tem resultado em muitos benefícios à população que os consome. Por sua vez, o investimento neste tipo de atividade é baixíssimo do ponto de vista econômico.

*“(...) De fato, os custos são tão baixos que a maioria do universo-alvo pode, por si mesmo, pagar pelos alimentos e pelas fontes farmacêuticas de nutrientes que necessita.(...)”
(Revista Vitae, ano V no.14 agosto de 1997)*

. No entanto, falta uma política pública que preveja a instalação ou incentivo a este ramo industrial. Nos Estados Unidos, pesquisas demonstram que cerca de 40% da população sofre de anemia ferropriva, ou seja, anemia causada pela baixa absorção de ferro através dos alimentos.

Apesar de existirem estudos e pesquisas do ramo específico nesta área de atuação industrial, haverá a necessidade de desenvolver estudos mais aprofundados sobre a questão, à luz de dados atualizados. Por esta contingência, durante o decorrer do trabalho, as diretrizes neste momento pretendidas sofrerão fatalmente correção

de rumo. O objetivo é que não se feche o projeto sobre ele mesmo, mas que suas diretrizes possam vir a ser usadas em outras indústrias do ramo, como por exemplo, laticínios, fábricas de alimentos ao consumidor, entre outros.

A Unidade de Aromas, por sua vez, criará e fornecerá aromas líquidos, em pó, emulsões, para diversos segmentos da indústria de alimentos e de bebidas.

Organização Industrial – Estudo Preliminar

Seleção do Local de Implantação da Indústria

A Fábrica em projeto se localizará no município de João Pessoa, Paraíba. As características da localidade exigem soluções de iluminação, ventilação e posição no terreno. Uma das primeiras questões a respeito da viabilidade do empreendimento tem relação com a escolha do local de implantação que foi escolhido em função de estar em posição estratégica no ainda pouco atendido mercado da Região Norte-Nordeste do país por essa tipologia industrial. Está situado próximo aos portos de Suape, PE e de Cabedelo, PB, condição fundamental para o uso de matérias-primas parcialmente importadas do mercado Europeu e Chinês. Localiza-se ainda à margem da Rodovia Federal BR-101, ligação com as cidades de Recife, PE e Natal, RN.

A importância crescente da região no panorama industrial pode ser demonstrada com o Complexo Industrial Portuário de Suape, com 13,5 mil hectares de área total, abriga mais de 70 empresas instaladas ou em fase de implantação, sendo considerado um dos maiores do país. O projeto desse porto foi iniciado na década de 70, com base no conceito de integração porto-indústria, a exemplo do que existem em países como o Japão e a França.

Suprimento de água potável e não potável

Depósito de resíduos sólidos

A Fábrica de Misturas para Enriquecimento de Alimentos gera baixíssima quantidade de resíduos sólidos, sendo, na sua maior parte provenientes de atividades anexas, como é o caso do refeitório e cozinha. A produção é controlada por meio de balanças de precisão e os equipamentos desenhados de forma a reter a menor quantidade

possível de partículas. O processamento conta com exaustores industriais que captam as partículas suspensas no ar, que são depositadas em mangotes de feltro. O projeto prevê edificação para lixeiras, disposta distante dos volumes edificados da indústria, e com acesso independente para retirada dos resíduos pelo exterior da Fábrica.

Resíduos líquidos

Os resíduos líquidos da indústria provém da limpeza dos ambientes, equipamentos e instalações sanitárias (águas servidas). Para se estabelecer a necessidade de um pré-tratamento antes de serem despejados, deve ser levado em conta a quantidade e qualidade dos mesmos. A qualidade abrange fatores como composição, temperatura, propriedades físicas e químicas, concentração de sólidos, dentre outros. Com base nesses fatores será definido o seu destino, esgoto público ou rios.

A Fábrica gera efluentes em maior quantidade em função da limpeza dos equipamentos. A grande diluição dos poucos resíduos de nutrientes não interfere na qualidade da água, que pode ser despejada em rios ou na rede de esgotos local. Perfeitamente poderia estar localizada próxima a rios, mas não é o caso.

No caso do Estado de São Paulo, existem limites estabelecidos por lei para os efluentes industriais. Estes limites estão definidos segundo o Decreto no. 47.397, de 4 de dezembro de 2002. As tabelas mais importantes neste caso são:

1. Condições dos efluentes em função dos locais de lançamento.
2. Parâmetros ou valores da qualidade dos corpos de água que não podem ser alterados pelo lançamento de efluentes.

Focos potenciais de insetos e roedores na vizinhança

É essencial se conhecer as espécies específicas atraídas pelo tipo de alimento, segundo a sua morfologia, ciclo de vida, fisiologia, anatomia, local de abrigo, hábitos, etc. Após estes estudos, a eliminação dos insetos pode ser feita por dois meios: químicos ou físicos. Para a prevenção é interessante seguir os itens a seguir:

1. *Usar telas em janelas, portas, entradas de ar, etc.*
2. *Eliminação de todas as frestas, cavidades e buracos na estrutura dos prédios industriais.*
3. *Não guardar lixo em recipientes abertos. Os recipientes para lixo devem ser limpos e sanitizados periodicamente.*
4. *Evitar materiais em decomposição na área ao redor da indústria.*
5. *O tratamento de resíduos industriais deve estar localizado longe da área de processamento de forma que o vento não leve seus odores à planta.*
6. *Evitar mato e capim alto ao redor da indústria.*
7. *Sanear lagoas e pântanos próximos à indústria.*
8. *Inspecionar periodicamente forros, tetos, paredes, vãos de escadas, poços de elevador e lugares de pouca movimentação de pessoas.*
9. *No caso de matérias-primas que geralmente já são recebidas na indústria com infestações, a área para a sua limpeza deve ficar separada do restante da área de processo. Esta separação deve ser de tal forma que impeça a locomoção dos insetos (retirados da matéria-prima).*
10. *Usar dedetização com efeito residual, porém somente nos locais aonde não exista o perigo de contanto com o alimento e complementos de produção.*
11. *Utilizar-se de pressão do ar positiva nas áreas de produção para dificultar a entrada de insetos voadores, bem como partículas de sujeira do ar externo.*

Fonte: KEHR, p. 37, complementado e adaptado pelo autor.

Prédios Industriais

Especialmente, esta tipologia industrial, constitui indústria de pequeno porte, ou atividade semi-industrial. Na fábrica de enriquecimento de alimentos são produzidas fórmulas (por isso são de suma importância as edificações dos laboratórios, escritórios e salas de desenvolvimento), sendo que os componentes chegam prontos à linha de produção e são apenas misturados. O produto dessa fábrica é matéria-prima para diversas outras fábricas de alimentos (inclui bebidas), Farmacêuticas, Cosméticos e Nutrição Animal.

As fábricas compram as fórmulas que são criadas em função dos processos produtivos das indústrias finais, levando-se em consideração os métodos produtivos, resistência do produto, diluições, dentre outros. A produção, portanto, não é constante, mas feita segundo as necessidades específicas dos clientes, inserindo-se

dentro do conceito *Kanban*. Por se tratarem de produtos segundo “etiqueta”, deve se estabelecer soluções que impeçam a contaminação cruzada dos produtos, mesmo estes não sendo de forma alguma prejudiciais à saúde humana, mas sim favoráveis. Nesse caso será necessária a previsão de sistemas de limpeza dos equipamentos e laboratórios para controle de contaminações, químicos e microbiológicos.

Assim como a maior parte das fábricas, deve prever expansões para atender ao aumento do mercado consumidor, em franca expansão. A escala do edifício para esse tipo de atividade industrial permite maior liberdade de escolha das soluções construtivas, e dos *lay-out* de produção. Este edifício em si não constitui um desafio estrutural, mas, organizacional. Os equipamentos necessários para o processo de produção são misturadores de piso, do tipo “V” ou horizontais de fita.

O programa necessário compreende diversos tipos de ambientes totalmente distintos, sendo assim, poderão ser estudados diversos tipos construtivos como é o caso, por exemplo, de galpões, laboratórios, salas de produção, estoque e expedição.

Abaixo veremos um diagrama de indústria linear, ou seja, há várias estações ou postos de trabalho ordenados de acordo com a seqüência dos processos sofridos pelo produto, demonstrando as unidades básicas fabris de uma indústria de pré-misturas. Será necessário estudar as dimensões espaciais de cada atividade.

Recomendações sanitárias:

“Os prédios destinados ao processamento ou armazenamento de alimentos devem ser os primeiros a serem tocados pelos ventos. Em outras palavras, o vento não deve levar, para a área de processamento, os odores de contaminação de locais como estábulo, estação de tratamento de resíduos, currais, lagoas de fermentação, graxaria, depósito de lixo, et. Além disto, do lado que vem os ventos não deve existir terra nua, a fim de se evitar a poeira. (...)”

Deve existir proximidade entre os vestiários e a planta de processamento, sem haver, entretanto, comunicação direta.

As oficinas e garagens não devem ficar próximas às áreas de processamento ou dos depósitos de matérias-primas e produto final.

As estações de tratamento de água, currais, estábulos, graxaria, lagoas de fermentação e outros locais que ofereçam riscos à higiene da fábrica devem estar completamente isolados da área de processo de produtos alimentícios.”(KEHR, 19-?, p.7-8)

Distribuição Geral Dos Prédios Industriais

Estrutura Em Planta

Nesta fábrica de alimentos seguiu-se a tipologia industrial de Sistema aditivo linear de “pente duplo” em função das diversas necessidades e características dos espaços necessários que funcionam independentemente, mas, não podem estar completamente isolados. Uma referência deste tipo de organização em planta é o complexo de oficinas do Centro de Tecnologia da Rede Sarah, apresentado no Estudo de Caso anterior.

A escolha pelo sistema aditivo linear tem relação com o aproveitamento da forma retangular do terreno, sendo a expansão condicionada para os dois lados da edificação existente.

O partido arquitetônico baseou-se em passarelas cobertas em dois níveis que fazem a conexão da todas as atividades da fábrica, não havendo a necessidade em sair do edifício para qualquer situação relacionada ao trabalho. A passarela central que unirá todas as atividades será trabalhada de forma a aproveitar-se do clima do local, quente durante todo o ano, privilegiando a entrada de brisas marítimas nos locais que não estão diretamente relacionados à produção.

Itens a serem contemplados:

- 1. Via principal**
- 2. Cerca de contorno**
- 3. Arruamento interno**

O único acesso de veículos está disposto de tal forma que não haja tráfego desnecessário e demorado de caminhões e automóveis dentro da indústria. Em alguns casos, os requerimentos sanitários em relação à entrada e saída de produtos podem ser diferentes, sendo importante evitar o cruzamento entre a matéria-prima que entra e o produto acabado que sai. Não é o caso da indústria em questão. Os estoques das duas unidades produtivas são independentes, sendo comunicados através das Docas cobertas. Existe um pátio de manobras para caminhões de até 20 metros de comprimento.

Para reduzir custos com portarias a entrada foi centralizada. O fluxo de automóveis e caminhões neste tipo de atividade não é constante, o que permite esta decisão arquitetônica. A centralização numa única lateral do terreno permite o ganho de espaços na outra

lateral e a distância de instalações que requerem segurança especial como é o caso da sala de caldeiras, central de gás e energia elétrica.

Ainda podem ser previstas balanças no piso da via por onde passarão os caminhões para tornar mais rigoroso o controle de quantidade de produto entregue ou produto em expedição. Essas balanças servem melhor no caso de produtos que são entregues em caminhões pipa ou caçamba, sem controle preciso.

4. Curvas de nível
5. Platôs e taludes de corte e aterro
6. Utilidades
7. Tubovias
8. Áreas de reserva e expansão
9. Canais de drenagem
10. Linhas de alta tensão
11. Áreas com tratamento paisagístico
12. Passeios e circulação de pedestres
13. Equipamentos externos aos edifícios

“A construção sanitária, facilidades, arranjo físico (lay-out) e manutenção dos edifícios são de vital interesse para a indústria de produtos alimentícios. O manuseio, preparação, processamento e armazenagem de alimentos requerem cuidados especiais, por tratar-se de um produto facilmente danificável. Os requerimentos sanitários para a construção civil dos prédios industriais devem ser levados em conta a fim de se obter um produto final em boas condições de higiene e que, ao mesmo tempo, tenha-se baixo custo e simplicidade de limpeza e manutenção das instalações industriais” (KEHR, 19-?, p 1)

Figura 185 - Fluxograma funcionamento. Gráfico do autor, 2008.

Programa de necessidades básico

(respectivamente segundo diagrama):

1. Recebimento e Expedição
2. Controle Logístico
3. Estoque
4. Troca de Embalagens
5. Salas de Dosimetria
6. Salas de Mistura
7. Estoque Saída

Deverão ser compreendidos também:

8. Salas Administrativas
9. Auditório
10. Sala de Reuniões
11. Salas de Direção da Indústria
12. Vestiários
13. Salas de Estar
14. Cozinha
15. Salas para troca de vestimenta para ambiente limpo
16. Laboratórios de Controle de Qualidade
17. Ambulatório
18. Salas de Utilidades (Elétrica, Ar-condicionado, sendo este último essencial para garantir a pressão do ar positiva dentro dos recintos de produção)

19. Salas de limpeza de materiais e equipamentos
20. Salas de Repouso
21. Sala de Manutenção
22. Circulações horizontais e verticais mecanizadas ou não
23. Portaria
24. Área de estacionamento

Utilidades:

1. Água Potável
2. Água Quente
3. Água Refrigerada
4. Água Destilada
5. Água Industrial
6. Vapor
7. Vácuo
8. Ar comprimido
9. Ar quente
10. Aspiração de Pó
11. Geradores de Energia Elétrica
12. Subestação Circulações horizontais e verticais mecanizadas ou não

Figura 186 - Diagrama linear da produção.
Desenho do autor, 2008.

Estrutura Em Corte

A qualidade da edificação também responderá por maior produtividade dos trabalhadores de produção. Seus ambientes serão, ao máximo, tratados de forma flexível, sem desconsiderar o fato descrito por HERZBERGER (1999) de que uma formulação flexível embora se adapte a cada mudança que surja, não pode ser nunca a melhor e mais adequada solução para nenhum problema; pode fornecer qualquer solução em qualquer momento, mas nunca a melhor solução. Deve-se, no entanto, prever a evolução dos meios de produção. É desejável que a estrutura seja modulada, que consiga liberar grandes vãos, e ainda, que estas qualidades não onerem excessivamente a obra. O empreendimento industrial requer, na maior parte dos casos, um sistema construtivo pré-fabricado, permitindo a rápida instalação, em diversos locais, sem perder suas características funcionais.

Podemos classificar este edifício com horizontal, as atividades de produção e armazenagem ocorrem todas em um único pavimento. No entanto, existem indústrias do mesmo setor que são estabelecidas em vários pavimentos, em função da escolha dos equipamentos. Nesse caso, o acesso dos produtos aos misturadores do tipo “NAUTA” se dá em um pavimento superior, na boca do funil e a retirada das misturas se dá no pavimento térreo.

Para se reduzir a área em planta dos Estoques optou-se por empilhar os produtos em porta-pallets, que são estantes metálicas acessadas por paletadeiras mecânicas.

Figura 187 - Perspectiva seccionada da área produtiva. Desenho do autor, 2007.

Cobertura

A cobertura deverá ser executada em laje de concreto, pré-fabricado ou não, na área de produção, para garantir as condições de estanqueidade das salas limpas. No projeto, no entanto, optou-se que a laje funcionará como uma subcobertura. Para facilitar a manutenção e evitar impermeabilizações feitas em obra, deverá haver uma cobertura em telhas de aço galvanizadas do tipo sanduíche. O colchão de ar entre as telhas e a laje ainda funciona como um colchão térmico, auxiliando na manutenção da temperatura controlada das salas de produção, que deve permanecer até 15° Celsius, uma vez que esta é a recomendação de temperatura máxima para produtos como é o caso de carotenóides, dentre os quais o Beta-caroteno e a Vitamina A.

Nos estoques optou-se por coberturas em telhas de aço galvanizadas do tipo sanduíche zipadas. O caimento desse tipo de telhas é de apenas 0,5%, o que resulta em menores alturas totais da edificação, facilitando eventuais manutenções. A iluminação natural e ventilação se darão através de domus de iluminação e ventilação (convecção) industriais.

Nos pavimentos superiores, onde se localizarão o refeitório e escritórios optou-se pelo mesmo material de cobertura, facilitando a instalação no conjunto. Nesses ambientes, o forro será feito através de forro de gesso acartonado. Essa diferenciação entre os prédios destinados e não destinados ao processamento de alimentos (administração, refeitório, ambulatório, oficinas, depósitos de peças e equipamentos, vestiários, lavanderias e outros) se faz necessária pelo aspecto econômico e pelo aspecto sanitário, porque os requisitos para a área de processamento são mais rigorosos que para as demais. É desnecessário gastar mais dinheiro para construir áreas com alto requisito sanitário se as mesmas não serão utilizadas para o processamento de alimentos.

O sistema construtivo escolhido deverá, portanto, obedecer a níveis de requerimentos distintos, levando-se em conta o uso característico da área.

SiStema ConStrutivo

A unidade produtiva de alimentos deve, sobretudo, estar instalada em edificação onde se garanta boa higiene, para garantir a qualidade do produto final. Uma construção adequada propiciará uma produção com menos perdas. Isso facilitará, por sua vez, que sejam evitadas as presenças de insetos e roedores. Serão consideradas as necessidades de conforto tais como nível de ruído, ventilação, temperatura e iluminação para cada estágio do processo produtivo, já que são mais onerosas e ineficientes as adaptações posteriores ao projeto. Ainda em relação ao processo, é imprescindível que se conheça de forma aprofundada os equipamentos usados. A seleção correta dos equipamentos proporciona menores custos de manutenção.

Assim, como boa parte das cidades brasileiras, João Pessoa é uma cidade costeira. Por esse motivo, devem ser levados em conta os fatores relativos à corrosão dos metais acentuada pela maresia. No caso das obras do arquiteto João Filgueiras Lima, em sua maior parte na mesma situação, utiliza-se o aço SAC-50, uma evolução do aço cortén. Nesse caso, em princípio a solução de um sistema construtivo em concreto armado pré-moldado parece necessitar de menor manutenção e ser mais adequado para atividades de produção, que utilizam constantemente água para limpeza dos equipamentos e ambientes.

LEGENDA

1 Vestiários	12 Troca Pallets	21 Estoque Embalagens
2 Sala de Funcionários	13 Sala Mistura Líquida	22 Laboratórios
3 Ambulatório	14 Sala Mistura Pó	23 Estoque Embalagens
4 Sala de Limpeza	15 Estoque	24 Sala Mistura Óleo
5 Arquivo Morto	16 Lavagem	25 Necessidades Futuras
6 Sanitários	17 Chefe de Produção	26 Controle de Estoque
7 Cozinha	18 Visitantes	27 Sala Exaustor
8 Refeitório	19 Sala de dosagem	28 Apoio Controle de Estoque
9 Escritórios baixos	20 Câmara Fria	29 Auditório / Treinamento
10 Escritórios	21 Desenvolvimento	30 Docas
11 Copa / Sala Funcionários	22 Laboratórios	31 Sala de Reuniões
		32 Recepção
		33 Quadra Poliesportiva
		34 Caixa d'água
		35 Subestação
		36 Guarita
		37 Lixo

Figura 188 - Plantas da fábrica. Desenho do autor, 2009.

Em relação à fatores que devem ser observados na seleção do sistema construtivo do edifício de processamento estão:

“1º. Evitar grande número de colunas de sustentação. As que existirem devem estar bem espaçadas.

2º. O número de dependências deve atender as condições do processo, sendo que as dependências mínimas estão estabelecidas pela legislação vigente no local, para cada tipo de indústria alimentícia.

3º. Mesmo que não especificado na legislação, a indústria deve ter as seguintes dependências: seção de recepção, seção de manipulação, seção de embalagem; seção de armazenamento e seção de expedição. Estas dependências devem ser separadas por paredes e preferivelmente isoladas com portas ou cortinas de ar.

4º. Devem ser evitadas as dependências de área muito pequena.

5º. Evitar muitas portas, mas ao mesmo tempo, garantir 4 entradas/saídas distintas: matéria-prima, produto final, funcionários e complementos de produção (embalagens, etc).

6º. Os funcionários que manipulam a matéria-prima não devem manipular o produto final e vice-versa. A construção deve estabelecer uma separação física entre eles.

7º. Acesso de funcionários deve ser diretamente no seu setor de trabalho evitando que passem por outros setores.

8º. Os pavimentos superiores devem ser utilizados para operações a seco e os inferiores para operações úmidas.

9º. Eliminar os espaços inacessíveis e desnecessários, tais como: topo de colunas, vãos de escadas e outros.” (KEHR, p.33)

No Estado de São Paulo, existem Decretos (exemplo, Decreto Estadual 12.342/78) que determinam a compartimentação mínima de segmentos da indústria de Alimentos.

No caso dos Estoques, o piso deve estar calculado para resistir a cargas pontuais (punção), provocadas pelos montantes verticais das estantes porta-pallets e cargas dinâmicas da movimentação de carros, caçambas, etc. Dependendo da qualidade do solo, recomenda-se o estaqueamento do piso. Deverão ser previstas juntas de dilatação a cada, no máximo, 10,00x10,00 metros.

Tanto na área de armazenagem como nas áreas de produção o piso deverá ser liso, impermeável e não escorregadio e ter drenagem suficiente para mantê-lo sempre seco. A umidade propicia o

desenvolvimento de microorganismos nocivos à saúde humana. A inclinação do piso convém ser igual ou superior a 1% na direção dos ralos ou canaletas.

Nas áreas de produção o piso deverá ser realizado em concreto moldado-in loco com capa de resina epóxi autonivelante e anti-estática, sendo estes totalmente planos e à prova de pó. Os rodapés e cantos das paredes deverão ser arredondados, evitando-se assim o acúmulo de material nessas partes. A resina epóxi deverá “subir” na parede até altura de, no mínimo, 30cm. A drenagem se dará através de ralos, sempre sifonados, localizados nos corredores de acesso às salas de produção, e nunca dentro das mesmas.

No caso de áreas úmidas com a presença de substâncias alcalinas ou ácidas é necessário a impermeabilização da laje abaixo do piso acabado, ou então, o cimento do contrapiso deve ser misturado com epóxi ou poliéster.

Devem ser tomados cuidados semelhantes com as paredes, que terão de ser de fácil higienização.

SiStemaS Pré-fabricadoS

Dentre os sistemas construtivos pré-fabricados existentes no mercado brasileiro podemos elencar as estruturas em concreto armado pré-moldado, as estruturas metálicas e os sistemas mistos.

A Fábrica de Enriquecimento deverá ser executada em estrutura de concreto armado pré-moldado, sendo a cobertura dos estoques suspensa por treliças metálicas.

As áreas limpas exigem, no entanto, total vedação e limitam as estruturas independentes pré-fabricadas pela qualidade dos tratamentos das juntas. Poderão ser utilizados revestimentos duplos, formados internamente por cápsulas para salas limpas instaladas dentro da superestrutura em concreto pré-moldado. A vantagem desse sistema em relação à construção convencional está na flexibilidade dos ambientes. As compartimentações trabalham independentemente da estrutura que pode ser realizada em grandes vãos. O espaço entre a estrutura portante e as Salas poderá ser utilizado como passagem de instalações variadas, inclusive de controle da qualidade do ar.

As junções entre painéis e entre painéis e estrutura é um dos temas mais importantes no que se refere às pesquisas relacionadas à construção pré-fabricada. Esses problemas ainda são de maior importância quando estamos tratando de edificações industriais para a indústria de alimentos. As juntas são focos de sujeira e, portanto,

de contaminações. Por esse motivo deve ser minuciosa a escolha do sistema construtivo pré-fabricado ou, utilizar de um misto com estruturas convencionais. Mesmo nas estruturas convencionais em concreto armado, por exemplo, é importante que se prevejam as juntas de dilatação. No caso industrial torna-se mais freqüente esta necessidade pelas dimensões dos edifícios de produção.

Existem diversos tipos de juntas com diferentes comportamentos perante a ação da água. Alguns sistemas utilizam-se de gaxetas de borracha, neoprene, e outros materiais, que impedem por completo a entrada da água, mas, configuram-se como elemento de constante e difícil manutenção. Existem sistemas que utilizam-se do desenho das juntas para criar espécies de canais e dutos para conduzir a água até drenos ou elementos como pingadeiras. Nesse caso a vedação não é total.

As juntas dependerão do material em que são confeccionadas e também das tolerâncias de execução da estrutura e a maior ou menor precisão da execução das peças. As placas de vedação podem ser compostos metálicos (painéis sanduíche), em concreto armado ou em materiais desenvolvidos nos últimos anos como é o caso do GFRC (Concreto reforçado com fibra de vidro).

Nas obras de João Filgueiras Lima, as placas de vedação possuem rebaixos que permitem que sejam travadas de quatro em quatro peças através de porcas e barras roscadas. O rebaixo permite que a vedação ocorra com argamassa comum. Os rodapés onde se encaixam as divisórias podem ser executados no local ou serem pré-fabricados. Nesse caso a obra não é totalmente seca, mas, reduz-se a grau muito baixo as argamassas executadas in loco.

Níveis de coNtrole saNiitário

Assim como descrito anteriormente, se faz necessária a diferenciação construtiva entre a área de processamentos dos produtos e as áreas não destinadas ao processamento, em virtude de fatores econômicos. O sistema construtivo, portanto, deve possibilitar diferentes níveis de cuidado sanitário.

Edifícios não destinados ao processamento

O projeto e a construção dos edifícios não destinados ao processamento devem atentar a dois aspectos principais:

1. Detalhes Construtivos Gerais;
2. Detalhes Construtivos Específicos, levando-se em conta o uso característico da área;

O primeiro aspecto compreende especificações a respeito da construção, instalações, iluminação, insolação e ventilação. Devem seguir as considerações que se aplicam a todas as edificações, como é o caso dos Códigos de Obras e Edificações dos Municípios. Essas considerações também incidem sobre o edifício de processamento.

O segundo aspecto abrange as dependências de uso específico: laboratórios, salas de caldeiras, salas de geradores, que possuem recomendações próprias.

No caso dos Laboratórios da Fábrica de Enriquecimento de Alimentos e Aromas, serão seguidos padrões muito próximos ao das salas de processamento. Devem ser previstas salas especiais para estoque de reagentes químicos e a temperatura deve se manter constante a 19° C, para evitar danos aos equipamentos sensíveis. Assim como na área de produção a limpeza deve ser constante e para isso serão especificados detalhes que impeçam a acumulação de partículas.

Edifícios destinados ao processamento e armazenagem de alimentos

Neste caso o controle sanitário é mais rigoroso, devem ser alcançadas condições higiênicas para o processamento e a armazenagem dos alimentos. Estado de São Paulo, estabelecimentos industriais de gêneros alimentícios: Decreto Estadual 12.342/78 (Cap. XXIV), Decreto Estadual 12.486/78.

BIBLIOGRAFIA

ADAM, Jürgen; HAUSMANN, Katharina; JÜTTNER, Frank. **“A Design Manual - Industrial Buildings”**. Basileia: Birkhäuser, 2004.

ALLÉGRET, Laurence e VAUDOU, Valerie. **Jean Prouvé et Paris**. Paris: 2001, Editions du Pavillon de L’Arsenal/Picard Éditeur.

BARBUGIAN, Ércio. **Pré-fabricados de concreto na Arquitetura Industrial**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1999.

BAYEUX, Gloria Maria. **Lanifício Ítalo-Paulista**. (Fábricas)

BENDER, Richard. **“Una visión de la construcción industrializada”**. Barcelona: Gustavo Gili, 1976.

BENEVOLO, Leonardo. **História da Arquitetura Moderna**. 3ª. Edição. São Paulo: Editora Perspectiva, 1998.

BIERMANN, Veronica et al. **Teoria da Arquitetura – Do Renascimento aos nossos dias**. Lisboa: Taschen, 2003.

BLACHÈRE, Gérard. **“Technologies de la construction industrialisée”**. Éditions Eyrolles, E.S.T.P.: Paris, 1975. e edição espanhola: **“Tecnologías de la construcción industrializada”**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1977.

BRUNA, Paulo Júlio Valentino. **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento**. São Paulo: Perspectiva, Editora da Universidade de São Paulo, 1976.

CARVALHO, Antonio Pedro Alves de, TAVARES, Igor de Góes Tavares. **Modulação no projeto arquitetônico de estabelecimentos assistenciais de saúde: o caso dos Hospitais SARAH**.

CULTURAE INDUSTRIA – **PETER BEHRENS E LA AEG 1907-1914**. Catalogo della mostra. Electra Editrice, Milano, 1979.

Le Corbusier. **Por uma Arquitetura**. São Paulo: Editora Perspectiva S.A., 1998, 5ª. Edição.

DIAS, Luis Andrade de Mattos. **Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem**. São Paulo: Zigurate Editora, 1997.

DIAS, Luis Andrade de Mattos. **Edificações de Aço no Brasil**. São Paulo: Zigurate Editora, 1993.

DINIZ, Antonio Ricardo Alves, 1946. **Roteiro para a elaboração de projetos de edifícios industriais**. São Paulo, FAU, 1974. (Fábricas)

EMURB . Galpões Industriais Significativos. São Paulo, (197-?)

FAGGIN, Carlos Augusto Mattei, 1948. **O cotonifício Rodolfo Crespi**. São Paulo, 1978.

FORBES, Robert James. **A Energia até 1850. In A Invenção da Máquina a Vapor**. São Paulo: XXXX, 1972.

FORTI, Giordano. **Architetture Industriali. L'ambiente architettonico, mezzo di potenziamento della moderna società industriale**. Edizione Görlich, Milano, 1964.

FRAMPTON, Kenneth. **História Crítica da Arquitetura Moderna**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

GÄSSEL, Peter e Leuthäuser. **“L’Architecture Du Vingtième Siècle”**. Paris: Taschen, 2005.

GRAÇA, L. **O Caso da Fábrica de Automóveis da Volvo em Uddevalla (Suécia). 2002**

HANAI, João Bento de. **Construções de Argamassa Armada: fundamentos tecnológicos para o projeto e execução**. São Paulo: Pini, 1992.

HENN, Walter. **Edificaciones Industriales: Ejemplos internacionales**. Barcelona: Gustavo Gili, 19-?

HERTZBERGER, Herman. **Lições de Arquitetura**. Tradução: Carlos Eduardo Lima Machado. 2a. Edição. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

Instituto Brasileiro de Siderurgia. **Galpões para usos gerais / Instituto Brasileiro de Siderurgia**. - Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004.

LATORRACA, Giancarlo. **João Filgueiras Lima, Lelé**. São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M. Bardi; Lisboa: Editorial Blau, 1999. 264p.

LIMA, João Filgueiras. **Experiência em pré-fabricados estrutura tipologia hospitalar [Hosítal do Aparelho Locomotor, da rede Sarah]; projeto de arquitetura. Projeto Design**. São Paulo, n.251, p.82-83, jan, 2001.

LIMA, João Filgueiras. **Escola Transitória**. Brasília: MEC/ CEDATE, 1984

LIMA, João Filgueiras. **CTRS – Centro de Tecnologia da Rede Sarah**. Brasília: Sarah Letras, 1999.

MAFFEI, Walter. **A concepção arquitetônica dos edifícios industriais**. São Paulo, FAU, 1982, 173p.

MARTINO, Arnaldo. **Habitação / Um sistema construtivo de simples montagem**. São Paulo: Dissertação de Mestrado Apresentada à Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo, 1981.

MASCARÓ, Juan Luis. **O Custo das Decisões Arquitetônicas**. São Paulo: Nobel, 1985.

MAZZOCHI, Maurizio. **Considerações sobre a Arquitetura Industrial**. São Paulo, Acrópole, 1956-1957. Separata de Acrópole n.218, 226 e 227.

MEYER-BOHE, Walter. **Prefabricación. Manual de la Construcción con piezas Pré-Fabricadas**. Vol 01 e 02. Barcelona: Editorial Blume, 1967.

MONTENEGRO FILHO, Roberto Alves de Lima. **Pre-fabricação e a obra de Kneese de Mello**. Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Historia e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo) - FAUUSP.—São Paulo, 2007. 253 p. : il.

MORITA, Tetsuji, 1949. **A industrialização e a Arquitetura Industrial no Brasil**. São Paulo, FAU, 1974. (Industrialização – Brasil)

MUNCE, James F. **“Industrial Building: An Analysis of International Building Practice”**. Nova Iorque: F.W. Dodge Corporation, 1960.

NARDY FILHO, Francisco. **A fábrica de Tecidos São Luiz de Itú: primeira fábrica de tecidos a vapor fundada em São Paulo**. São Paulo, s.c.p., 1949.

NISSEN, Henrik. **Industrialized building and modular design**. London: Shenvall Press, 1972.

OLIVERI, G. Mario. **“Prefabricación o metaproyecto construtivo”**. Barcelona: Gustavo Gili, 1972.

PÉREN, Jorge Isaac Montero. **Ventilação e Iluminação Naturais na obra de João Filgueiras Lima “Lelé: estudo dos hospitais da Rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2006.

PEVSNER, Nikolaus. **“A History of Buildings Types”**. London: Thames and Hudson, 1997.

PHILLIPS, Alan. **“Arquitetura Industrial”**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1993.

REGINO, Aline Nassaralla. **Eduardo Kneese de Mello | Arquiteto: análise de sua contribuição à habitação coletiva em São Paulo**. São Paulo: Dissertação de Mestrado Apresentada à Faculdade de Arquitetura Mackenzie, 2006.

ROSA, Wilhelm. **Arquitetura Industrializada: a Evolução de um Sonho à Modularidade**. Dissertação de Mestrado, FAU-USP, 2006.

ROUX, Emmanuel de. **Patrimoine Industriel**. Éditions Scala, Paris, 2000.

SANT’ANNA JR. Antonio Carlos. **Subdesenvolvimento: Urbanização e Industrialização da Construção**. Orientador: Paulo J. V. Bruna. FAU-USP: 1974.

SCHIMID, Thomas e TESTA, Carlos. **“Constructions Modulaires”**. Zurique: Les Editions d’Architecture Artemis, 1969.

SEGAWA, Hugo Massaki, 1956. **Conjunto arquitetônico da Kaigai Kogyo Kabushiki Kaisha: diretrizes de revitalização**. São Paulo, FAU, 1982.

SELUIANOV, N.P. **“Estructuras Prefabricadas”**. Montevideo: Editora Inter Ciencia, 1960.

SIMONSEN, Roberto C. **Evolução Industrial do Brasil e outros estudos**. São Paulo, Companhia Editora Nacional, Editora da Universidade de São Paulo, 1973. (texto redigido em 1939)
(PEGAR REFERENCIA CORRETA PELO DEDALUS)

SOUSA, Roberto Barthas de, 1948 – **A Fábrica: projeto no contexto urbano**. São Paulo, FAU, 1974. (Fábricas)

STECHHAHN, Carlos. **Edificações Industriais**. São Paulo, FAU, 1982. (TESE)

STEVENSON, Neil. **Para Entender a Arquitetura**. São Paulo: Editora Ática, 1998.

TEIXEIRA, Eduardo Henrique Santos, org. **Manual Técnico de Pré-fabricados de Concreto**. Associação Brasileira da Construção Industrializada. São Paulo: Projeto, 1986.

THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, RUSH, Richard (Org.). **The Building Systems Integration Handbook**. Stoneham: Butterworth-Heinemann, 1986.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO. **Vila Penteado: 100 anos**. São Paulo: FAUUSP, 2002.

VALLE, Ciro Eyer do. **Implantação de Indústrias**. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 1975

VASCONCELOS, Augusto Carlos de. **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. São Paulo: Studio Nobel, 2002.

YAMASHITA, Takao, 1951. **Pré-fabricado e Pré-moldado na arquitetura industrial**. São Paulo, FAU, 1976. (Fábricas, Abatedouro agrícola, construções pré-fabricadas)

WARREN, Dean. **A Industrialização de São Paulo**. São Paulo, Diefel / Difusão Editorial S.A., 1971.

PERIÓDICOS :

BARBOSA, Maria Ignez. **Da arte de domar o metal**. In Jornal O Estado de São Paulo, Caderno Casa&. p.9.

BRUNA, Paulo J. V. **Considerações sobre o projeto de edifícios industriais**. Projeto. São Paulo, n.121, p.63-66, 1989.

CASTRO, Eduardo Munhoz de Lima. **Light Steel Framing para uso em habitações**. In Construção Metálica. No. 84. Publicação Especializada da ABCEM – Associação Brasileira da Construção Metálica. P.22-27.

COMAS, Carlos Eduardo Dias. **O Espaço da Arbitrariedade**. Revista Ensaio & Pesquisa.

GEROLLA, Giovanni. **Fábricas**. AU. São Paulo: no.151, outubro, 2006.

MAZZA, Márcio. **Fábrica de Cidades: Estética da Repetição**. In: AU no. 20. São Paulo: Editora Pini, 1988.

MEDEIROS, Heloisa. **Quebre recordes, seja fast**. Revista Técnica: São Paulo, Editora Pini, no.79, 2003.

HEWITT, Christopher. **“The Real Deal: Sustainable Steel”**. AISC Publication: Chicago, 2003.

Heloísa Medeiros. In Técnica no.79 pp. 41

RODRIGUES, Eduardo Jesus; YURGUEL, Marlene, colab.; MACHADO, Lúcio Gomes, colab. **A proposta do 3º Prêmio Brasilit de arquitetura [projeto vencedor]; projeto de arquitetura.** Projeto. São Paulo, n.84, p.54-57, fev, 1986.

TEIXEIRA, Eduardo Henrique Santos. **Aqui, alguns sistemas para as construções escolares.**

_____. Ambiente inaugura a sua nova fábrica: projeto de Carlo B. Fongaro, arq. Construção de Alberto de Andrade e Aluizio Davila, engs. Acrópole (326):43, mar. 1966.

_____. Anteprojeto da Terminal Cia. Ultragás, São Paulo: Projeto de Daisy Igel e Jon Maitrejean, arqs. Acrópole (205): 21-3, nov. 1955.

_____. Anteprojeto de fábrica: projeto de Carlo B. Fongaro, arq. Acrópole (271):253, jun. 1961.

_____. Arquitetura Industrial: Arno, São Paulo: Projeto de Rino Levi, a rq. Habitat (10): 24-5, 1953.

_____. Arquitetura Industrial: Beneficiadora Nacional de Tecidos S.A.; projeto e construção de Fulvio Nanni, eng. Acrópole (181): 508-9, 1953.

_____. Arquitetura Industrial: conjunto de indústrias farmacêuticas, cálculo estrutural de Mário França, eng.: construção de França, Ferraz, S.A. Habitat (21): 15-21, mar.abr. 1955.

_____. Arquitetura Industrial: edifício para a Lion S.A. Engenharia e Importação: projeto de Charles Bosworth, arq.: construção de Pacheco Fernandes, Dantas Ltda. Habitat (19): 26-30, nov./dez. 1954.

_____. Arquitetura Industrial: Estados Unidos. Habitat (16): 6-7, maio/jun. 1954.

_____. Arquitetura Industrial: Indústrias Ernesto Rotschild; projeto de arquitetura e construções Luz-Ar S.A. Acrópole (183): 122-5, 1953.

_____. Arquitetura Industrial: Metalúrgica Elva S.A.; Projeto de Stanislaw Kolowski, eng.; construção de Otto Meinherp, eng. Acrópole (178): 366-9, 1953.

_____. Arquitetura Industrial no Paraná, por André Denis, eng. e arq. Habitat (55): 5-7, jul./ago. 1959.

_____. Arquitetura Industrial no Rio de Janeiro; Projeto de Paulo Antunes Ribeiro, arq. Acrópole (219): 83-5, jan. 1957.

_____. Arquitetura Industrial: Orniex, projeto de Ney Marcondes e João Gennaro, arqs. Acrópole (212): 312-5, jun. 1956.

_____. Arquitetura Industrial: Pirelli; Santo André, S.P.; Projeto e construção de Edibras Construções Gerais Ltda. Acrópole (218): 65-7, dez. De 1956.

_____. Arquitetura Industrial: projeto da construtora Ferraz Ltda.; construção de Oscavo Correa Neto, eng. Acrópole (219): 106-9, jan. 1957.

_____. Arquitetura Industrial: projeto de Carlos J. T. Bettemdorf e Antônio L. Lacerda, arqs. Acrópole (210): 221, abr. 1956.

_____. Arquitetura Industrial: Projeto de Claus Eggers, arq. Acrópole (210): 221, abr. 1956.

_____. Arquitetura Industrial: projeto de Headeger Bosworth do Brasil S.A.; construção de Pacheco Fernandes, Dantas Ltda. Acrópole (229): 8 -13, nov. 1957.

_____. Arquitetura Industrial: projeto de João Serpa Albuquerque, arq.; construção da Soc. Comercial e Construtora S.A. Acrópole (234): 216-7, abr. 1958.

_____. Arquitetura Industrial: projeto de Miguel Badra Jr., arq.; construção de Alberto Badra, Miguel Badra Jr. E Cia. Ltda.: deceração de Ambiente S.A.; paisagismo de Jardins Tropicais. Acrópole (220): 136-141, fev. 1957.

_____. Arquitetura Industrial: Rhodia; projeto de Jacques Pilon, arq. Acrópole (225): 328-31, jul. 1957.

_____. Arquitetura Industrial: um moinho de trigo, farinha e sub-produtos; projeto e construção de Severo e Villares S.A. Habitat (22): 9 -12, maio./jun. 1955.

_____. Arquitetura Industrial: uma fábrica de rendas e bordados; projeto e construção de Pacheco Fernandes, Dantas, Ltda. Habitat (20): 19-21, jan./fev. 1955.

_____. Arquitetura Industrial: uma fiação e tecelagem de lã: projeto de Miguel Badra Jr., arq.; construção de Alberto Badra, Miguel Badra Jr. e Cia Ltda. Habitat (18): XX-XX, set./out. 1954.

_____. Aumento da Fábrica Olivetti; projeto de Marcos Zanuso, arq. Acrópole (303): XX-XX, fev. 1964.

_____. Brasmotor: armazém de peças; projeto de Charles Bosworth, arq. Acrópole (205): 15-20, nov. 1955.

_____. Industrias Amortex (1972); Wolfgang Schoedon e Gregorio Zolko, arqs. A Construção São Paulo (1826): 23, 7-2-1983.

_____. Laboratórios Farmacêuticos Achè (1970); projeto de Ruy Ohtake, arq. A Construção São Paulo (1805): 19, 13-9-1982.

_____. Os métodos construtivos utilizados na primeira fábrica de cristal do país. A Construção São Paulo (1821) : 4-14, 3-1-1983.

_____. Netinho Indústria Alimentícia Campinas, SP: projeto de Aurelio Longo, Roberto Jacow e Mauro Cami, arqs. Módulo (69): 46-51, 1982.

_____. Petroflex: fábrica de borracha sintética SBR, Rio Grande do Sul; projeto de Jorge D. Deglaci e Ivan Mizoguchi, arqs. Projeto (32): 24-8, ago. 1981.

_____. O complexo têxtil da Hering do Nordeste S.A. Malhas; projeto de Hans Broos, arq. Projeto (46): 51-69, dez. 1982.

_____. Fábrica do grupo Degussa, Americana, SP; projeto de Heinrich Matthias e Avi Meizler, arqs. Projeto (37): 43-4, fev. 1982.

_____. Goiás Fertilizantes/Goiásfértil, Catalão, GO; projeto de Paulo Abib Engenharia S.A. Projeto (32): 33-8, ago. 1981.

_____. Indústria de equipamentos Hércules (1974); projeto de Siegbert Zanettini, arq. A Construção São Paulo (1841): 11, 23-5-1983.

_____. Indústria Gessy Lever Ltda. Vinhedo, SP; projeto de Rino Levi Arquitetos Associados. Projeto (32): 29-32, ago. 1981.

_____. Indústria Telemecanique S.A. (1970); projeto de Ariel Rubinstein e J. M. Charpentier, arqs. A Construção São Paulo (1802): 23-8-1982.