

Monografia

" ESTUDO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS PRÉ-FABRICADOS MODULARES APLICADOS EM CANTEIROS DE OBRAS"

Autor(a): Luiza Rangel de Almeida

Orientador(a): Prof. Danielle Meireles de Oliveira

Belo Horizonte

Janeiro/2015

Luiza Rangel de Almeida

**" ESTUDO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS PRÉ-FABRICADOS MODULARES
APLICADOS EM CANTEIROS DE OBRAS "**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização
em Construção Civil da Escola de Engenharia da
Universidade Federal de Minas Gerais.
Enfase: Tecnologia e produtividade das construções

Orientador(a): Prof. Danielle Meireles de Oliveira

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2015

Dedico este trabalho à minha família, pelo incentivo à realização deste curso e à minha orientadora Danielle, pelo encorajamento e atenção.

RESUMO

A busca pela racionalização do processo construtivo, abre caminho para a crescente utilização de sistemas alternativos que buscam a rapidez na execução, diminuição de desperdício e geração de resíduos, mantendo a qualidade final da edificação. O presente trabalho desenvolve-se a partir da utilização de sistemas construtivos modulados empregados em canteiros de obras de grandes construções e reformas, como obras de minerodutos, ferrovias, rodovias, que como demandam mais tempo, precisam de locais maiores, mais adequados, de caráter semi-permanente, para implantar seu canteiro. Por isso, estruturas pré-fabricadas mais resistentes, mas que tenham características de montabilidade/desmontabilidade, preparadas para situações adversas como terrenos desnivelados, falta de infra-estrutura, etc. são comumente utilizadas. Porém, com as especificações de cada caso, são necessárias análises e comparações que serão apresentadas neste trabalho em relação aos desempenhos térmicos e acústicos, prazo/tempo/durabilidade da construção, materiais e técnicas, orçamentos e custos, para a perfeita escolha do sistema.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1 A arquitetura Móvel.....	3
3.2 A evolução do sistema pré-fabricado.....	15
3.3 Construções industrializadas, não-industrializadas e parcialmente industrializadas	15
3.4 As vantagens e desvantagens da construção industrializada.....	17
3.5 A diferença entre pré-fabricação e pré-moldados	18
3.6 A modulação ou coordenação modular aplicada na construção civil.....	19
3.7 As Normas na construção civil.....	22
3.7.1 Normas aplicáveis à construção civil da ABNT	23
3.7.2 Normas aplicáveis à construção civil da NR	24
3.8. Fundamentações para escritórios de obras.....	26
3.8.1 Padronização	26
3.8.2 Organização e racionalização.....	27
3.8.3 Projeto.....	27
3.8.4 Planejamento	28
4. SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS MODULARES APLICADOS EM CANTEIROS DE OBRAS	30
4.1 Painéis PETI	30
4.2 Placas em concreto laminar.....	37
4.3 OSB	41
4.4 Escama de madeira	46
5. MÉTODOS.....	50
5.1 Propriedade de adequação.....	50
5.1.1 Adequação ao Projeto	50
5.1.2 Adequação ao Local inserido.....	50

5.1.3 Adequação à outras tipologias construtivas.....	51
5.2 Peso.....	51
5.3 Condições térmicas e acústicas.....	51
5.4 Tempo de montagem.....	51
5.5 Durabilidade.....	52
5.6 Facilidade em Montabilidade/Desmontabilidade.....	52
5.7 Resistência	52
5.8 Acabamentos	52
5.9 Limpeza	53
5.10 Preço.....	53
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	54
7. CONCLUSÕES.....	59
8. BIBLIOGRAFIA	61
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
10. APÊNDICE 1 - PROJETO BÁSICO DE ESCRITÓRIO MODELO	69
11. APÊNDICE 2 - PROJETO BÁSICO DE ESCRITÓRIO MODELO ADEQUADO EM PAINEL PETI.....	71
12. APÊNDICE 3 - PROJETO BÁSICO DE ESCRITÓRIO MODELO ADEQUADO EM CONCRETO LAMINAR	72
13. APÊNDICE 4 - PROJETO BÁSICO DE ESCRITÓRIO MODELO ADEQUADO EM OSB	73
14. APÊNDICE 5 - PROJETO BÁSICO DE ESCRITÓRIO MODELO ADEQUADO EM ESCAMA DE MADEIRA	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração de moradia nômade no litoral francês	5
Figura 2: Ruínas de Pathernon	6
Figura 3: Chalé colonial portátil: modelo real e esquema de projeto	6
Figura 4: Projeto de Fachada Principal do Palácio	7
Figura 5: Montagem da Estrutura metálica do Palácio	8
Figura 6: Modulação e padronização da estrutura metálica.	9
Figura 7: Rua com casas no conjunto Torten	10
Figura 8: Vista do Conjunto Colina, UNB	14
Figura 9: Centro Administrativo da Bahia (CAB)	15
Figura 10: Montagem e croquis do Centro Administrativo da Bahia (CAB) ...	15
Figura 11: Modelo de construção industrializada reticulada	20
Figura 12: Estudo da Bauhaus: Composições de nove quadrados.	20
Figura 13: Encaixe Macho-Fêmea	31
Figura 14: Montagem de Chassi sobre sapata metálica e bloco	32
Figura 15: Montagem de painéis PETI com perfis guia.	33
Figura 16: Escritório para mineradora em painel PETI.	34
Figura 17: Consultório para mineradora em painel PETI sem forro.....	35
Figura 18: Shafts em painel escondem a instalação hidráulica	35
Figura 19: Estruturas metálicas complementares.....	36
Figura 20: Montagem de Edificação em Concreto Laminar.....	37
Figura 21: Montagem em Concreto Laminar com diferentes alturas.	38
Figura 22: Mesa de montagem de perfis e telas na fábrica	39
Figura 23: Ilustração dos Painéis com acabamentos e instalações.....	39
Figura 24: Umedecimento do painel para atingir resistência.	40
Figura 25: Estocagem dos painéis na posição vertical na fábrica	40
Figura 26: Chapa OSB.....	42
Figura 27: Escritório de obras em OSB.....	42
Figura 28: Conjunto do canteiro da Cimcop em OSB.	43
Figura 29: Detalhe externo do canteiro da Cimcop em OSB.	44
Figura 30: Construção em OSB com estrutura de telhado em madeira.	45

Figura 31: Escritório com forro em OSB	45
Figura 32: Construção em Escamas de Madeira	46
Figura 33: Ilustração de detalhe de montagem em Escamas.....	47
Figura 34: Detalhe dos montantes do sistema em Escamas.....	47
Figura 35: Detalhe da instalação elétrica em eletroduto galvanizado.....	49

LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

AMN = Associação Mercosul de Normalização

CBIC = Câmara Brasileira da Indústria e da Construção

CLT = Consolidação das leis do Trabalho

DIN = *Deutsches Institut für Normung, Berlim(Alemanha)*

EPI = Equipamento de Proteção Individual

IEC = *International Electrotechnical Commission*

IPT = Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ISO = *International Organization for Standardization*

MDF= *Medium-Density Fiberboard*

NBR = Norma Brasileira

PETI = Painéis Estruturais Termo Isolantes

PVC= *Polyvinyl chloride*

OSB = *Oriented Strand Board*

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é responsável por grande parte da economia brasileira e é um setor que tem sua taxa de crescimento constante, conforme aponta o banco de dados CBIC (Câmara Brasileira da Indústria e da Construção). Segundo a NR 18:1978 - Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, canteiros de obras são locais de trabalho fixos ou temporários onde se desenvolvem operações de apoio a execução de uma obra. Sua organização e tipologia de construção são de extrema importância porque impactam diretamente na produtividade do trabalhador e em sua saúde e segurança.

A busca por edificações mais industrializadas, melhores planejadas e com redução de erros ou modificações desencadeiam a utilização de sistemas pré-fabricados e modulados. Esta nova tendência faz com que o setor desenvolva novas tecnologias e sistemas para serem empregados na construção civil.

A utilização de sistemas pré-fabricados modulares em canteiros de obras vem sendo muito utilizada porque muitos dos canteiros tem caráter efêmero, e devido a isso é desejável a sua facilidade de montagem/desmontagem com máximo reaproveitamento possível, característica sempre presente nestes sistemas.

2. OBJETIVO

Os canteiros de obras vem sofrendo evoluções quanto a sua tipologia devido ao entendimento das empresas de que uma boa organização e estrutura no local de trabalho é fundamental para evitar desperdícios, falta de qualidade e possíveis perdas.

Há diversos tipos de sistemas pré-fabricados no mercado, que atendem a canteiros de obras, mas para utilizar um sistema que se encaixa melhor na situação, é importante conhecer alguma das tecnologias disponíveis no mercado, para então escolher qual se adapta mais à necessidade da obra e dos trabalhadores.

O objetivo deste trabalho é analisar e comparar alguns sistemas pré-fabricados modulares existentes no mercado e identificar paralelamente quais são as principais necessidades e problemas enfrentados para a construção do canteiro de obras. Serão apresentadas normas técnicas legais e aplicadas ao tema, além da história do sistema pré-fabricado modulado no Brasil.

A partir de um projeto básico de um escritório, que será adaptado a todos os sistemas analisados, será realizada uma análise comparativa, por meio de informações cedidas pelos fabricantes. Os sistemas apresentados serão comparados quanto à qualidade térmica-acústica, adaptabilidade ao terreno, durabilidade, custo, entre outros aspectos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O contexto deste trabalho é voltado para escritórios de obras de grandes construções e reformas, como obras de minerodutos, ferrovias, rodovias, que como demandam mais tempo, precisam de locais maiores, mais adequados, de caráter semi-permanente, para implantar seu canteiro. A partir da característica da efemeridade, estruturas pré-fabricadas mais resistentes, mas que tenham características de montabilidade/desmontabilidade, preparadas para situações adversas como terrenos desnivelados ou falta de infra-estrutura, por exemplo, são comumente utilizadas neste caso. A mobilidade dos canteiros é inevitável e para facilidade de reconstrução, transporte e desmontagem, é desejável seguir padrões modulares e com uma planta básica, de forma que seja atendida a demanda necessária.

3.1 *A arquitetura móvel*

A história da arquitetura móvel teve início nos primórdios da humanidade, com os nômades e suas formas de morar: moradias em tendas de leves estruturas e em sua maioria fáceis de serem transportadas e montadas, pois mudavam-se sempre de lugar em busca de alimentos. A evolução passou por muitas formas de habitação e tipologias construtivas, que modificavam-se de acordo com a necessidade do usuário do espaço, sua visão de habitação/edificação e a disposição de materiais para a composição do conjunto habitável.

Apesar das instalações nômades, apenas a partir do século XXI, com impulso após a Revolução Industrial (período entre 1760 e 1840), este âmbito da edificação foi levado em consideração, como forma de moldar o espaço do usuário para seu hábito e necessidade. A modernidade trouxe uma nova forma de morar, trabalhar e viver, ou seja, aquele modelo antigo, já não adequava-se mais nas habitações. A variação do uso modifica o ambiente, e a arquitetura

então passa a ser mais relacionada ao tempo do que ao espaço (BÓGEA, 2009).

As primeiras modificações, antes da mobilidade da própria edificação, foram vistas a partir da flexibilidade do interior da moradia. Utilizando-se dos princípios da planta livre para atender ao sistema de aluguel, com cozinhas e banheiros centrais e fixos e os demais espaços com alterações internas conforme as necessidades do morador.

Após a Revolução Industrial, surge então a idéia do deslocamento, a partir da necessidade de reaproveitamento de uma edificação efêmera, sem relação com o sítio no qual foi inserido.

Um grupo a fim de dar expressão física à nova dinâmica urbana de movimentos a partir de peças pré-fabricadas em linha de montagem, com modularização e flexibilização do espaço, os arquitetos da chamada 1ª geração da arquitetura móvel: Yona Friedman, Frei Otto, Buckminster Fuller e Konrad Wachsmann, surgiram com a tendência denominada "*Metadesign*" (nome dado por Van Onck e Giaccardi) ou projeto de "segunda-ordem" (VASSÃO, 2007).

O arquiteto Hungaro-Francês Yona Friedman, em seu manifesto "A Arquitetura Móvel", define como arquitetura móvel aquela que se adapta ao usuário e ao lugar inserido, ao invés do usuário adatar-se à ela. O arquiteto sempre buscou a utilização de novos sistemas e materiais e de elementos locais e tecnologias simples. Para ele, a arquitetura não era simplesmente a arte de construir, mas o manejar de um espaço determinado (HELM, 2012).

Vassão (2002) discorre ainda sobre a denominada 2ª Geração da arquitetura móvel, representada pelo artista plástico Constant e os arquitetos ingleses da publicação "Archigram", onde relacionavam o impulso da arquitetura com a comunicação e a arte, e a mobilidade seria resolvida com a evolução da tecnologia na construção.

De acordo com o pensamento da arquitetura móvel dos arquitetos da 1ª e 2ª geração, além de eventualmente deixar-se de mover, há o envolvimento apenas na mobilidade dos elementos construtivos pelo espaço, com a função cultural inalterada, sem considerar a essência do ambiente inserido. Conforme Vassão (2007) isto transforma-se em "arquitetura móvel sedentária", ou seja, a essência do espaço social permanece inalterada.

3.2 A evolução do sistema pré-fabricado

Não é possível datar o início do sistema pré-fabricado, sabe-se que os próprios nômades já escolhiam os galhos que mais se pareciam entre si e modificavam-os, cortando e talhando a fim de melhorar o desempenho de sua habitação (figura 1). Porém, a construção que ainda existe e é datada como a mais antiga com este tipo de sistema, é o Templo de Parthenon (figura 2), na Grécia, construído no século V a.C.. Esta construção utilizou pedras e outros elementos construtivos que foram lapidados antes de irem para sua posição final, além da tipologia de módulos e peças que seguiam padrões que se repetiam.



Figura 1 –Ilustração de moradia nômade no litoral francês. Fonte: Lunatyka (2009).



Figura 2 – Ruínas de Pathernon. Fonte: InfoEscola (2014).

Destaca-se em 1833, um chalé portátil, conforme figura 3 (a e b), projetado pelo arquiteto H. John Manning, para seu filho que mudava-se de Londres para a Austrália. Devido ao sucesso da invenção, foi desenvolvida uma linha comercial, com novos modelos de residência que tinha como a principal característica a sua desmontabilidade.

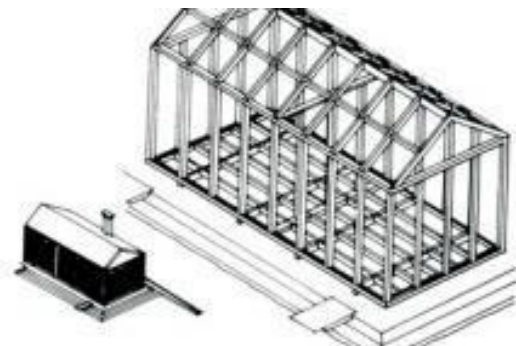


Figura 3 - Chalé colonial portátil: (a) modelo real (b) esquema de projeto. Fonte: Housing (2005).

No início da Revolução Industrial, por volta de 1850, a Inglaterra almejando impor sua superioridade, organizou a Primeira Exposição Universal, e para o projeto da

Sede, convidou o arquiteto Joseph Praxton, que acreditava na praticidade e no potencial de novos sistemas construtivos e buscava utilizá-los em suas construções quando possível. A partir da inspiração da estrutura da planta Vitória-régia, criou-se um palácio com pilares e vigas de ferro fundido que funcionavam também como calhas e longos panos de vidro para a vedação (figuras 4 e 5) com propriedades de desmontabilidade/ montabilidade.

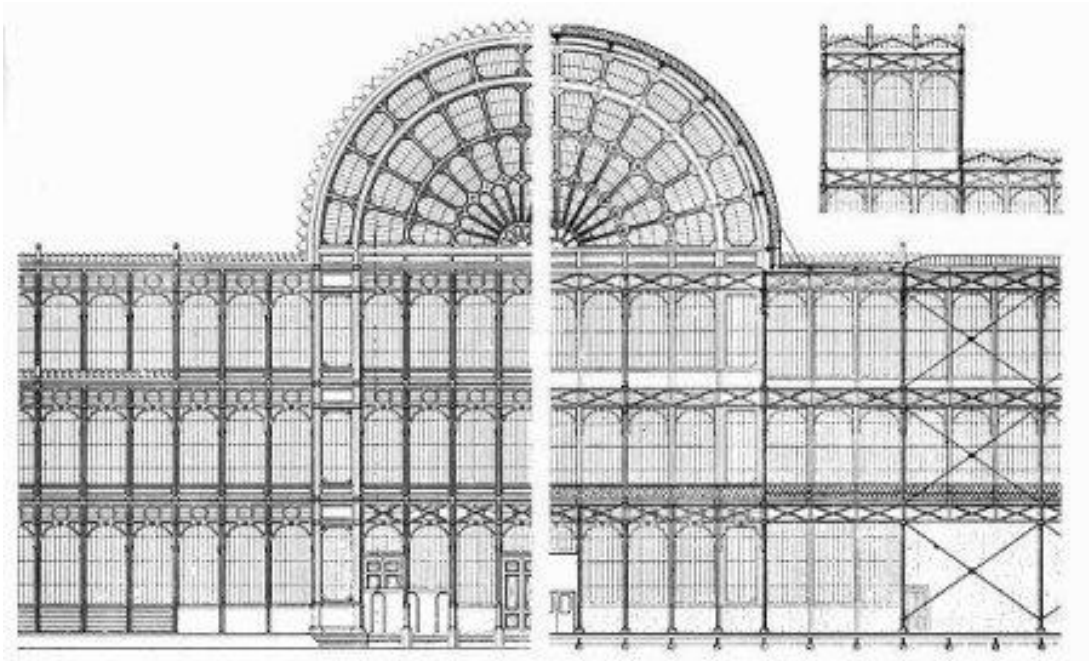


Figura 04 – Projeto de Fachada Principal do Palácio. Fonte: Laboratório de Mecânica Computacional (2007).



Figura 5 – Montagem da Estrutura metálica do Palácio. Fonte: Laboratório de Mecânica Computacional (2007)

O Palácio de Cristal, como foi chamada a Sede, foi um marco por diversos motivos. Apesar dos 556 m de comprimento, foi construído rapidamente com sistemas pré-fabricados, utilizou elementos de novas maneiras, de forma nunca antes utilizados, com as grandes fachadas em vidro, foi extinto o imposto cobrado sobre este material (para esta construção estima-se que foi utilizado 1/3 de vidro disponível no país), saiu-se do estilo histórico da arquitetura, aplicou-se princípios de modulação e padronização (figura 6).

A exposição foi em 1851 e em 1854, foi desmontado e montado novamente em Sydenham, próximo à Londres, onde permaneceu até 1936, quando um incêndio o destruiu.

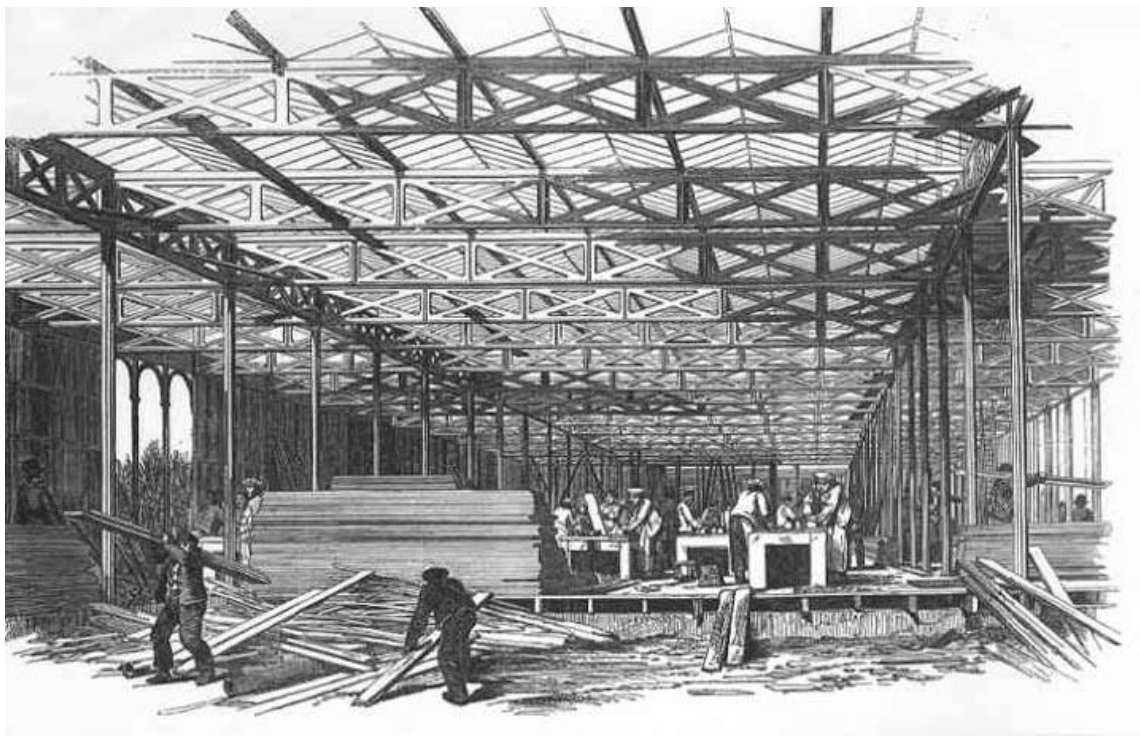


Figura 6 – Modulação e padronização da estrutura metálica. Fonte: *Victorian Web* (2006).

Um marco para a pré-fabricação em concreto armado foi o cassino de Biarritz, executado pela firma Coignet, na cidade de Biarritz na França, no ano de 1891, com a utilização de vigas de concreto armado pré-fabricado, nunca antes relatada a sua fabricação fora do seu local final.

Outros eventos são considerados como marcos do desenvolvimento da pré-fabricação (EL DEBS, 2000 *apud* BOIÇA, 2006, p. 19):

- 1895 – A construção de Weavne's Mill é considerada a primeira construção de estrutura aporcada com concreto pré-moldado na Inglaterra.
- 1900 – Surgem os primeiros elementos de grandes dimensões para coberturas - nos Estados Unidos.
- 1905 – São executados elementos de piso para um edifício de quatro andares nos Estados Unidos.
- 1906 – Começam a ser executados na Europa os que podem ser considerados os primeiros elementos pré-fabricados: vigas treliça denominadas "Visitini" e estacas de concreto armado.
- 1907 – Todas as peças de um edifício industrial foram pré-moldadas no canteiro,

nos Estados Unidos, pela Edson Portland Co., pertencente a Thomas Alva Edson.

-1907 – Surgem , também nos Estados Unidos, as pioneiras aplicações do processo “tilt-up”, em que as paredes são executadas sobre o solo e depois levantadas para a posição vertical.

O conjunto habitacional Torten (figura 7), em Dessau, na Alemanha, construído entre 1926 e 1928, também foi um grande marco para a pré-fabricação, desenvolvido pelo arquiteto alemão Walter Gropius, com o objetivo de construir 316 moradias. Foram priorizadas características de industrialização como a sistematização do canteiro de obras e a utilização de conceitos de racionalização e padronização.



Figura 7 – Rua com casas no conjunto Torton. Fonte: Bauhaus (2000)

A industrialização na Construção Civil, teve seu *boom* após o fim das Guerras Mundiais, da Primeira (1914 – 1918) e da Segunda (1939 – 1945). A devastação originou a escassez de moradias, escolas e hospitais, e de mão de obra

qualificada na Europa. A partir da necessidade de suprimir a demanda de construção de base/apoio, a busca por edificações econômicas e rápidas tomou grande proporção, e os empresários então, viram-se obrigados a levar para a indústria o máximo de operações necessárias, a fim de reduzir os processos, já que formar mão de obra especializada demandaria um tempo e um custo que eles não tinham. A necessidade da grande produtividade, redução de mão de obra e custos deu início a propagação dos elementos pré-fabricados.

Em 1976, Bender relacionou as mudanças na construção, com o desenvolvimento de grandes organizações construtoras, métodos e técnicas de industrialização e a fabricação de novos materiais, como plásticos, compensados, aços de grande resistência. Afirmou também que a evolução dos processos, resumia-se a dois grupos inter-relacionados: o do desenvolvimento de materiais e métodos, com novas matérias e ferramentas e novos processos entre matéria prima original e a edificação construída e o grupo com a mudança na estrutura da indústria, construção como montagem e a importância do padrão.

Dorfman (2002) agrupa os sistemas pré-fabricados em dois grupos, de acordo com a padronização: ciclo aberto e fechado.

A pré-fabricação de ciclo fechado, com padrões rigorosos que visavam a redução de custos sem variações e flexibilidade arquitetônica, foi a primeira a ser utilizada e a que mais rapidamente se difundiu nos anos 50 e 60, e no Brasil seu uso intenso foi nos anos 60 e 70 em galpões industriais.

Mandolesi (1981) afirma:

O sistema fechado só se viabiliza economicamente quando são considerados somente os custos de construção, desconsiderando a manutenção, alteração para adequação e ampliação e, mesmo assim, para um grande número de unidades.

Por volta dos anos 30, surgiram programas de habitação na Europa baseados em sistemas fechados, sem nenhum tipo de variação, eles não consideravam

características regionais e culturais, tornando-os rígidos e impessoais.

O Sistema de pré-fabricados de ciclo aberto possui como finalidade a padronização mais flexível, com criação de técnicas, e novas tecnologias de pré-fabricação, ou seja, realizar uma produção de peças padronizadas e que sejam compatíveis com diferentes elementos de diversos fabricantes. Um exemplo deste tipo de sistema são os painéis alveolares protendidos, que podem ser utilizados em pisos ou fachadas, integrando-se com outras diferentes tecnologias, pré-fabricadas ou convencionais. Segundo Elliott (2002):

Surge uma nova geração de sistemas de ciclos “flexibilizados”, que não são apenas os componentes “abertos”, mas todo o sistema é, e portanto, o projeto também passa a ser necessariamente aberto e flexibilizado para se adequar a qualquer tipologia arquitetônica.

Salas (1988 *apud* SERRA *et al.*, 2005) de 1950 a meados 1980, divide o pré-fabricado de concreto em três etapas:

- De 1950 a 1970 - Devido a devastação do fim da guerra, os edifícios nessa época eram compostos por elementos pré-fabricados, com todos os componentes do mesmo fornecedor (ciclo fechado), marcados pela rigidez e uniformidade, sem possibilidade para flexibilização; não havia uma avaliação do sistema em relação ao desempenho;
- De 1970 a 1980 - Devida a falta de avaliação do desempenho dos sistemas, muitas patologias apareceram e acidentes com painéis pré-fabricados, resultando em rejeição dos processos construtivos pré-fabricados e seu consequente declínio;
- Pós 1980 - Conjuntos habitacionais pré-fabricados foram demolidos devido a rejeição e à deteriorização e o início da consolidação do sistema de ciclo aberto.

Nos últimos 20 anos, segundo Elliot (2002) surge uma terceira geração de sistemas pré-fabricados, também conhecidos por "sistemas flexibilizados" com características "ciclo aberto" e "ciclo fechado", onde todo o sistema é aberto, até mesmo o projeto, flexível o suficiente para adequar-se a qualquer tipologia

arquitetônica e com um alto grau de controle, qualidade do produto e produção. Um exemplo deste sistema é o "*tilt up*", paredes moldadas no canteiro em cima de um piso de concreto e içadas ao local final.

No Brasil, com o fim das altas taxas de inflação, em meados dos anos 70, já percebia-se o atraso em relação aos outros países e a preocupação em modificações no setor. A importação de sistemas pré-fabricados tornou-se uma forma de atender a demanda exigida na construção civil.

Dacol (1996) afirma que do ponto de vista tecnológico, o processo produtivo no Brasil mescla o processo tradicional (artesanal) com o convencional (mecanização parcial e divisão do trabalho).

De acordo com Melo (2004, p. 11):

A indústria de pré-fabricados no Brasil também vem vivenciando transformações importantes, para atender ao ritmo das novas exigências dos responsáveis pelos empreendimentos. Maiores preocupações estéticas, elementos de acabamento suavizando, encaixes mais desenvolvidos, peças especiais para composição com outros sistemas construtivos, pré-vigas, pré-lajes e painéis de fachadas invadindo a construção convencional. Este é o momento da pré-fabricação e os fabricantes nacionais souberam dar suas respostas à simulação do mercado.

Algumas iniciativas foram tomadas visando um impulsionamento na industrialização da construção, pode-se citar o "Catálogo de Processos e Sistemas Construtivos para Habitação", editado pelo Instituto de pesquisas tecnológicas (IPT) em 1998, onde vários sistemas são detalhados. O que ocorre porém, é que foram criados como sistemas fechados, ou seja, não permitem uma associação, adequação ou utilização de mistura de outros materiais ou componentes, gerando um problema, pois dificultam além da fabricação (e adequação ao local ou usuário) o acréscimo e a manutenção nas edificações, estas que ficam sujeitas à improvisações.

João Figueiras Lima, o arquiteto Lelé, foi um nome muito ligado à pré-fabricação no Brasil, projetou importantes edificações com sistemas variados com o concreto pré-moldado e argamassa armada (ou ferro-cimento), como por exemplo o edifício Colina (1962-1965), edifício de apartamento para professores (figura 8), Secretarias do Centro Administrativo da Bahia (1973) (figuras 9 e 10).



Figura 8 – Vista do Conjunto Colina, UNB. Fonte: Lina Kim; Michael Wesely (2010)



Figura 09 – Centro Administrativo da Bahia (CAB). Fonte: Lima (1980).

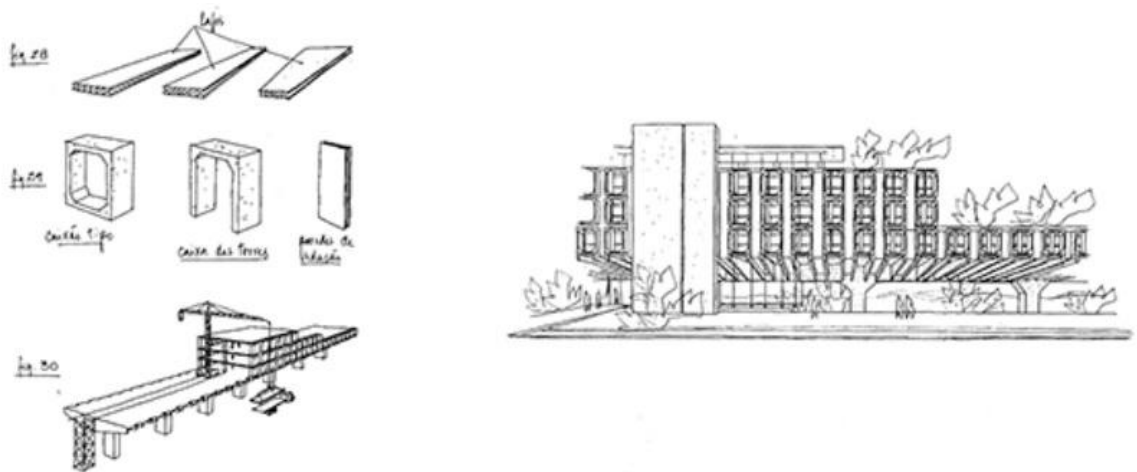


Figura 10 – Montagem e croquis do Centro Administrativo da Bahia (CAB). Fonte: Lima (1980).

Apesar da evolução na procura e utilização de sistemas pré-fabricados, causados grande parte pela internacionalização da economia com empresários estrangeiros que acreditam no potencial de investimento no Brasil (e estão habituados a utilizarem sistemas pré-fabricados) este tipo de tecnologia no país ainda é atrasada, conforme afirma Leusin (1996). Há um lento avanço em relação às inovações das edificações, pois a preferência ainda é pela escolha de construções artesanais, caracterizadas pela baixa produtividade.

Não há uma cultura de utilização de técnicas industriais apesar do potencial apresentado, ainda há dúvidas e desconfiança, fator que atrasa ainda mais o uso e o aprimoramento dos sistemas pré-fabricados pois os investimentos necessários, que muitas vezes são altos e importados de outros países, só são viáveis com uma demanda maior. Cabe ressaltar também a falta de incentivo às pesquisas para o aprimoramento de técnicas, que muitas vezes necessitam de compatibilidade para a tipologia brasileira e a dificuldade de adaptar-se às normas e programas governamentais.

3.3 Construções industrializadas, não-industrializadas e parcialmente industrializadas

De acordo com Teixeira (2012) as construções diferenciam-se pelo local (rural, urbano, etc), tipologia de uso (comercial, residencial, industrial), tempo (permanente, semi-permanente ou temporário), porte (grande, médio, pequeno), processo (com níveis de industrialização), material (madeira, tijolo, concreto, etc), etc.

A diferenciação por processo envolve o grau de industrialização a qual a edificação enquadra-se. As subdivisões não industrializada, parcialmente industrializada e industrializada serão apresentadas a seguir.

A construção não industrializada, é a forma mais artesanal dos três tipos,

caracteriza-se pela mão de obra disponível que transforma, no próprio canteiro os elementos e materiais em sistemas construtivos.

O processo parcialmente industrializado, difere-se das obras industrializadas pois apresenta características e aparências de não industrializadas, mas a sua construção busca explorar ao máximo as vantagens de industrialização, como armações, kits hidráulicos, porta e janelas, etc.

As construções industrializadas são aquelas nas quais os sistemas construtivos utilizados são produzidos em indústrias, podendo ser localizados na obra ou em outro local. Este tipo de industrialização, possui um grau de qualidade e padronização superior das demais. Cita-se como exemplo a produção em série de tecnologias e peças, sistemas pré-fabricados, entre outros.

3.4 As vantagens e desvantagens da construção industrializada

A construção industrializada possui inúmeras vantagens que evidenciam-se diretamente no produto final apresentado, quando comparados à outros produtos com diferentes níveis de industrialização.

A eliminação das improvisações no canteiro, neste tipo de construção, é um dos fatores que gera uma gama de qualidades finais que podem evitar por exemplo, o desperdício de materiais, possíveis erros de execução, revisões projetuais, ou seja, promovem grande otimização de custo.

Um outro ponto que é de extrema importância na construção industrializada e gera grandes benefícios é a produção em série. Este tipo de processo, gera uma rapidez de produção desejável aliada à qualidade final do produto. A produção em série, desencadeia facilidades como seguir o cronograma rigidamente, evitando imprevistos e atrasos além de facilitar também a avaliação da produtividade individual de cada operário, e a inspeção de qualidade final do produto.

Pode-se citar como desvantagens da grande industrialização da construção, a necessidade de investimentos iniciais altos e mão de obra especializada (geralmente mais cara que a comum), o que muitas vezes faz com o que o empresário desista de investir nesta tipologia, pois o volume de obras ou de produto deve ser grande para existir viabilização.

A adequação à necessidade do cliente é um outro problema enfrentado por este tipo de construção. Muitas vezes a padronização, uma grande vantagem da industrialização, deve ser deixada de lado para atender à demanda solicitada, gerando um custo maior do que o praticado (mas que pode ser facilmente retornado pelo custo final do produto) e um tempo maior, além de possíveis erros, já que para esta modificação, deve-se modificar a rotina da produção.

Vale ressaltar uma outra desvantagem que é o transporte e a logística, que além de encarecer o produto final, também pode danificá-lo quando não respeitadas as devidas precauções.

3.5 A diferença entre pré-fabricação e pré-moldados

Há muita discussão em torno da diferença entre pré-fabricação e pré-moldados, mas basicamente diferenciam-se em relação ao grau de industrialização e o controle de qualidade.

Os pré-moldados, são produzidos previamente e fora do local de utilização final e são feitos com condições menos rigorosas e sujeitos à inspeção apenas do próprio construtor, como por exemplo o meio-fio de concreto.

Os pré-fabricados, possuem condições mais rigorosas de controle de qualidade em relação aos pré-moldados, a produção é em escala industrial, com manuais e especificações técnicas, além de mão de obra treinada e qualificada. As

instalações são definitivas, geralmente industriais, com laboratórios de análise, almoxarifados para estoques com identificações por lote ou individuais, etc. Tudo isso gerando maior garantia ao produto final produzido. Pode-se citar como exemplo, pilares e vigas, além de sistemas construtivos inteiros, como será abordado posteriormente neste trabalho.

Muitas vezes o sistema pré-moldado é escolhido por levar em consideração o menor custo em relação ao transporte e menor tributação, as peças moldadas em indústrias, carregam consigo o imposto sobre a peça industrializada, além da taxa de taxação dos materiais.

É importante ressaltar que a agilidade na construção, acaba gerando uma economia de mão de obra, sem contar que para a moldagem *in loco*, é necessário um espaço de canteiro de obras maior do que o comumente usado, por isso a necessidade de um planejamento para a escolha da melhor técnica a ser utilizada, pois cada uma possui suas características e necessidades específicas, de forma que torna impossível definir a melhor alternativa sem existir um contexto.

3.6 A modulação ou coordenação modular aplicada na Construção Civil

A modulação ou coordenação modular é uma tipologia projetual, na qual o dimensionamento é feito a partir de uma medida comum, o módulo, com dimensões e proporções estabelecidas pela multiplicação ou fração desta unidade, uma combinação de módulos que visa dar padrão ao elemento final, ou seja, a normatização (figura 11 e 12). O módulo constitui o espaço entre os planos do sistema de referência em que se baseia a Coordenação Modular (MAYOR, 2012).

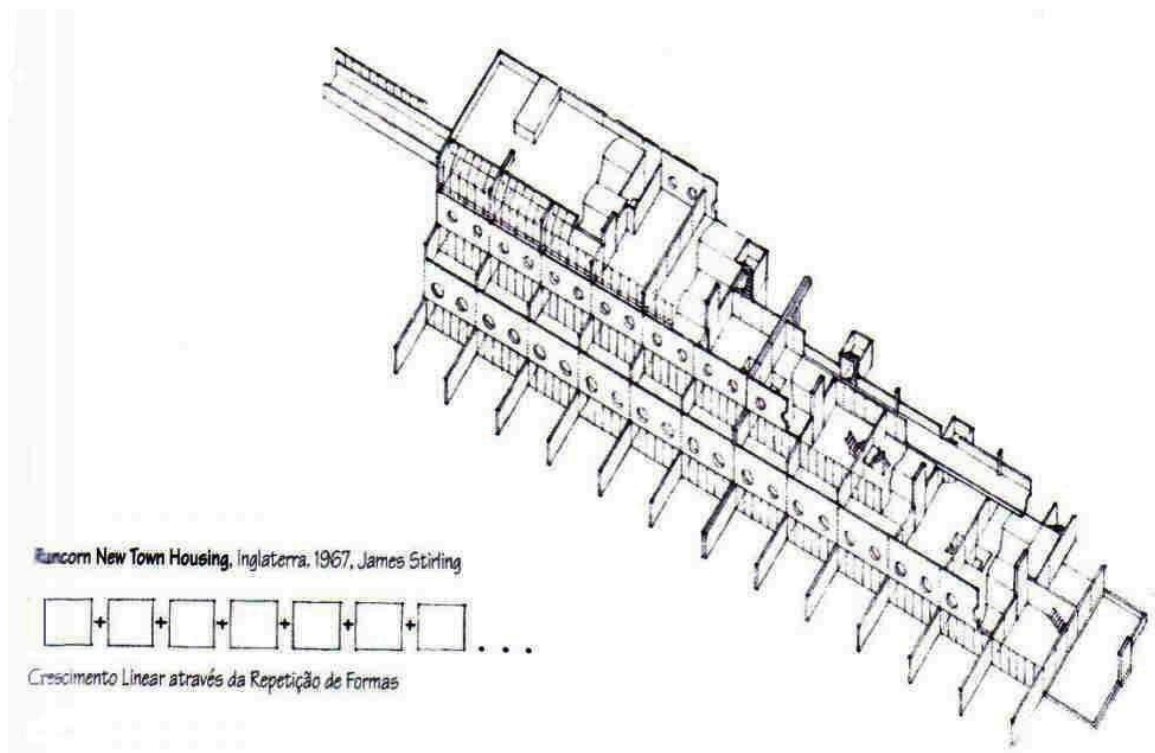


Figura 11 - Modelo de construção industrializada reticulada. Fonte: Ching (2013).

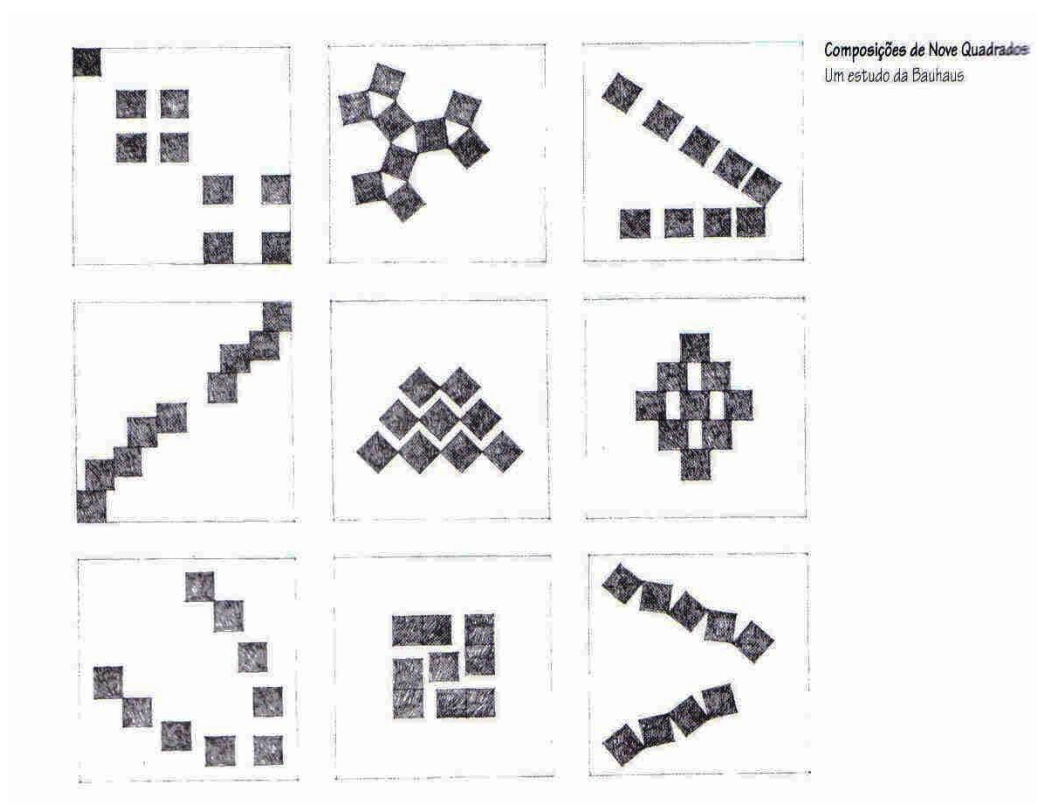


Figura 12 - Estudo da Bauhaus: Composições de nove quadrados. Fonte: Ching (2013).

Conforme Ferreira *et al.* (200-) :

O uso de módulos na arquitetura pode ser encontrado em várias épocas, desde a antiguidade. O módulo dos clássicos era certamente o módulo-fórmula, enquanto o módulo de Le Corbusier (1976) pode ser considerado módulo-função. As séries de módulos, adotados pelos romanos, revelam características de módulo-objeto. Dentre as aplicações mais antigas o Ken, módulo japonês, derivado do tatami, representa também um exemplo de módulo-objeto.

O módulo proporciona uma maior padronização, fator desejável para a industrialização, pois devido a sua racionalização, há um aumento significativo da produtividade, que conseqüentemente gera lucro.

Conforme Mayor (2012), pode-se caracterizar um sistema modular, aquele contendo medidas funcionais (nominais e inteiras) e de elementos construtivos típicos e ser aditiva em si mesma, intercambiáveis e múltiplas, submúltiplas, para um módulo previamente padronizado.

A organização dos módulos determinam o espaço, com exigências específicas que necessitam que sejam atendidas, como cumprir sua função, estrutura/abrigo, acessibilidade, adequação ao espaço, ter agradável iluminação/ventilação, conforto, além da estética.

Por isso, apesar da padronização na modulação ser de extrema importância, a flexibilidade também é almejada, já que cada edificação é única e possui suas próprias características que devem ser respeitadas. A adequação no caso, apesar da possibilidade em atrasar o processo, é necessária para suprir a necessidade da edificação e de seu habitante.

3.7 As Normas na Construção Civil

Uma prova da preocupação brasileira em fixar condições exigíveis em relação ao bom desempenho do produto são as normas criadas, feitas em capítulos para facilitar, normatizar e unificar as normas de segurança brasileiras.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), criada em 1940, como uma entidade privada sem fins lucrativos, evidencia a preocupação com o desenvolvimento científico e tecnológico e procedimentos em diversas áreas além da garantia à qualidade do produto do consumidor. Representa várias entidades internacionais como a ISO (*International Organization for Standardization*), IEC (*International Electrotechnical Commission*), AMN (Associação Mercosul de Normalização), entre outras.

Esta norma visa garantir a qualidade do produto, produtividade, tecnologia e *marketing*, de forma a padronizar e organizar a partir de procedimentos, critérios e capítulos. Elas podem reduzir o desperdício, facilitar troca de informações e processos, além da proteção ao consumidor, tudo a fim de desempenho do produto / serviço ter um nível de aceitação.

A Norma Regulamentadora, ou NR, criada em 1978, foi elaborada em conjunto pelo governo, empregadores e empregados, de forma a estabelecer e fixar condições exigíveis diversas com o intuito de propiciar saúde e segurança no trabalho. Possuem força de lei, pois foram aprovadas pela Portaria N.º 3.214, em 08 de junho de 1978. Apesar de citadas na CLT, Consolidação das Leis do Trabalho, e de serem obrigatórias, essas orientações são ainda pouco utilizadas.

O não obediência da NR pode gerar diversos acidentes até mesmo fatais, não apenas pela falta de uso do EPI (Equipamento de proteção individual) ou condições de canteiro precárias, a inexistência de treinamentos, métodos incorretos de trabalho, improvisações de ferramentas e ferramentas danificadas, além da desatenção ao executar a atividade, podem ocasionar também

acontecimentos indesejáveis ao operário e à empresa.

Por isso, é de extrema importância um técnico de segurança na obra, a fim de garantir o cumprimento de todos os procedimentos legais referentes às normas regulamentadoras.

3.7.1 Normas aplicáveis à Construção Civil da ABNT

- NBR 5410:2008 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão;

Com objetivo, conforme a ABNT, de estabelecer as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

- NBR 8915:2013 - Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior

Especifica índices de iluminação aceitáveis para locais de trabalho para que as tarefas visuais sejam executadas de maneira eficiente, com conforto e segurança.

- NBR 9050:2004 – Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos;

Esta norma estabelece critérios e parâmetros técnicos relacionados às condições de acessibilidade para diversos ambientes.

-NBR 9062:2006 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado;

Distinguem os elementos pré-moldados dos Pré-Fabricados, estabelecendo especificações de projeto, produção e controle de qualidade.

- NBR 9077:2001 – Saídas de Emergências em Edifícios;

Fixa condições quanto à quantidade, dimensionamento e disposição das saídas de emergência.

- NBR 10152:1987 – Nível de Ruído para Conforto Acústico - Procedimento;
Fixa níveis de ruídos conforme o conforto acústico desejado para ambientes diversos.

- NBR 12284:1991 - Áreas de vivência em canteiros de obras - Procedimento;
o canteiro de obras é o conjunto de áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em: áreas operacionais (portaria, escritório, almoxarifado, depósitos e outros) e áreas de vivência (vestiário, instalações sanitárias, alojamento, refeitório, ambulatório, entre outros).

- NBR 13962:2006 - Móveis para escritórios - Cadeiras - Requisitos e métodos de ensaio;

- NBR 13966:2008 Móveis para escritório - Mesas - Classificação e características físicas dimensionais e requisitos e métodos de ensaio;

As duas normas acima, especificam requisitos mecânicos, ergonômicos e de segurança para os mobiliários no ambiente de trabalho.

- NBR 15873:2010, Cordenação modular para edificações;

Conforme afirma a ABNT, esta norma tem como objetivo a coordenação modular, sua multiplicidade, que visa promover a compatibilidade dimensional entre elementos construtivos (definidos nos projetos das edificações) e componentes construtivos (definidos pelos respectivos fabricantes), permitindo racionalizar processos definindo os termos, o valor do módulo básico e os princípios da coordenação modular para edificações.

3.7.2 Normas aplicáveis na Construção Civil da NR.

- NR 04 - Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho;

Determina a obrigatoriedade da implantação de comissão com ações de prevenção e correção dos possíveis riscos que pode-se encontrar de modo a

tornar o ambiente de trabalho um local seguro. Esta implantação depende do risco da atividade principal da empresa e do número total de empregados do estabelecimento.

- NR05 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA

Determina que empresas que possuem mais de 20 empregados, devem manter esta comissão que tem por objetivo a prevenção de acidentes e doença recorrentes do trabalho.

- NR 06 – Equipamentos de Proteção Individual;

Estabelece a obrigatoriedade da utilização dos equipamentos de proteção individual.

- NR 07 - Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional - PCMSO;

Obriga a elaboração e implementação de programa relacionado à saúde do trabalhador no exercício de suas funções visando a saúde, bem estar e qualidade de vida do mesmo.

- NR 08 – Edificações;

Estabelece Requisitos técnicos mínimos que visam garantir segurança e conforto no local de trabalho.

- NR 09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA;

Obriga a elaboração de programa relacionado aos riscos ambientais iminentes, visando a integridade dos trabalhadores.

- NR 17 – Ergonomia;

Define parâmetros de modo à propiciar um máximo de conforto, segurança e desempenho do trabalhador.

- NR18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção;

Determina critérios que visam qualidade do ambiente, proteção aos

trabalhadores, condições mínimas de trabalhabilidade, etc.

- NR 23 – Proteção contra Incêndios;

Define condições de modo que facilite a saída dos funcionários em caso de incêndio.

- NR24 - Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho;

Define dimensões e índices mínimos para o ambiente de trabalho.

- NR 26 – Regras de Sinalização;

Determina a utilização de placas e cores com o intuito de indicar e advertir riscos existentes dentro do local de trabalho.

3.8 Fundamentações para escritórios de obras

A fim de se obter um nível maior de excelência em canteiros, há alguns fatores de extrema importância que devem ser levados em consideração, conforme apresentados a seguir.

3.8.1 Padronização

A padronização é definida por Rosso (1966 *apud* Brumatti, 2008) como a aplicação de normas a um ciclo de produção ou a um setor industrial completo com objetivo de estabilizar o produto ou o processo de produção.

A padronização nada mais é do que uma forma de se aumentar a produtividade, isto porque a utilização de elementos padronizados, leva ao aperfeiçoamento da produção em todas as fases, gerando uma melhor forma de executar as tarefas, uma simplificação da fabricação dos elementos constituintes, além da diminuição do desperdício, retrabalho e possíveis erros. A padronização facilita atividades de planejamento, controle e execução.

3.8.2 Organização e racionalização

Entende-se por racionalização, um processo dinâmico que se desenvolve e se aperfeiçoa sistematicamente e que tem por objetivo a otimização ao utilizar os recursos humanos, materiais e organizacionais que intervêm na construção (LICHTENSTEIN, 1987).

Com o aumento da exigência do cliente e do produto final, a implementação do código de defesa do consumidor e a constante busca por melhores preços, os empresários não tiveram outra saída a não ser aumentar a racionalização do processo, visando modificações e melhorias.

A racionalização e sua consequente organização, são fatores desejáveis pelas empresas pois aliam diversas benfeitorias no processo e no produto final. A correta organização do canteiro, com segurança e fluxos corretos, traz benfeitorias à obra e aos funcionários em geral.

Lembrando-se que a Construção Civil Brasileira, especificamente construções de edifícios caracteriza-se, por um elevado índice de desperdícios, acompanhado por índices de produtividade modestos, quando comparada a outros segmentos industriais (CESAR, 2007).

3.8.3 Projeto

Ciribini (1965 *apud* BRUNA, 2002) afirma que a fase projetual tem extrema importância para a industrialização, e não deve ser isolada de todo o processo e sim planejada e articulada de forma que a execução seja sempre rigidamente vinculada à ideia inicial e, esta, aos objetivos propostos, ao nível da tecnologia a ser empregada, à situação do mercado consumidor, etc.

Zanfalice (1995 *apud* CASTELLS, 2001) discorre que a falta de planejamento e

de projetos adequados pode contribuir com cerca de 70% dos desperdícios de obra e que a etapa de projeto é responsável pela definição direta ou indireta de até 80% do custo das edificações (SEBRAE/RS, 1996 *apud* CASTELLS, 2001).

Aplicada a situação do estudo, a fase projetual demanda um tempo grande, pois são necessários detalhamentos específicos para a composição do sistema, além de um planejamento correto do espaço, de forma a adequar-se perfeitamente aos usuários e ao local que o abrigará. A integração do projeto com os demais processos, relaciona-se diretamente ao desempenho e qualidade final da edificação. Um projeto mais detalhado, feito com um tempo maior, reduz as possibilidades de erro de execução e deste modo agiliza a montagem.

3.8.4 Planejamento

O planejamento da produção é um instrumento de otimização no plano qualitativo e econômico do “produto” a ser produzido, resultando três variáveis básicas, relacionadas entre si: a redução do número de tipos a serem produzidos, reforçando o conceito *standard*; a existência de catálogo e estoque de peças. (BRUNA, 2002).

O planejamento permite uma forma organizacional de previsões do cronograma, de forma que consegue-se eficiência maior relacionado à área de suprimentos e recursos humanos, e conseqüentemente à organização. A partir da análise do cronograma, é possível direcionar os funcionários, o tempo de estocagem e utilização de materiais, a partir da previsão do início e tempo de execução.

O planejamento de um canteiro de obras pode ser definido como o planejamento do *layout* e da logística das suas instalações provisórias, instalações de segurança e sistema de movimentação e armazenamento de materiais. O planejamento do *layout* envolve a definição do arranjo físico de trabalhadores, materiais, equipamentos, áreas de trabalho e de estocagem (SAURIN e

FORMOSO, 2006 *apud* FRANKENFELD, 1990).

No canteiro, o planejamento desempenha um papel fundamental na eficiência das operações, cumprimento de prazos, custos e qualidade da construção, os gerentes geralmente aprendem a realizar tal atividade somente através da tentativa e erro, ao longo de muitos anos de trabalho (SAURIN e FORMOSO, 2006 *apud* TOMMELEIN, 1992).

4. SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS MODULARES APLICADOS EM CANTEIROS DE OBRA

Há muitos sistemas pré-fabricados modulares e de fácil montagem/desmontagem atualmente. A procura pela arquitetura efêmera vem se tornando cada vez mais comum e surge a partir daí um novo tipo de arquitetura, que supre uma necessidade, em certo lugar, em um dado tempo finito.

Diversas tecnologias, das mais a menos industrializadas, estão no mercado para tentar atender a demanda de soluções temporárias, mas as mais eficientes são aquelas que são reaproveitáveis. Essas tecnologias podem ser utilizadas em várias possibilidades, de forma a proporcionar novos tipos de uso para o espaço.

Serão apresentados aqui quatro sistemas comumente utilizados em canteiros de obras de grande porte, com tecnologias diferentes mas com a mesma finalidade: desenvolver o máximo em fábrica a fim de agilizar a obra. Um projeto básico de um escritório modelo foi desenvolvido (Apêndices 1, 2, 3, 4 e 5), com a premissa de tempo de utilização máxima de 3 anos e necessidade de ser locado em outro espaço após este tempo. A partir deste conceito os sistemas apresentados a seguir serão comparados.

4.1 Paineis PETI

Os painéis PETI (Paineis Estruturais Termo Isolantes), constituem-se em duas camadas de chapas de aço zincado, pintados em linha, sobre fundo epóxi na cor branca, e preenchido ao meio com poliestireno expandido do tipo F (auto – extinguido), conforme norma Alemã DIN (*Deutsches Institut für Normung*) e certificado ITP nº 303.685.

Os painéis possuem medida de 1160 mm de largura com espessura variáveis de

acordo com a necessidade: 200 mm, 150 mm, 100 mm, 35 mm e 50 mm. A altura dos painéis pode possuir o máximo de 12 metros, e apesar de saírem cortados de fábrica, são facilmente cortados em obra também. Encaixam-se entre si com sistema macho-fêmea (figura 13), tipo de travamento seguro mas com facilidade de montagem.

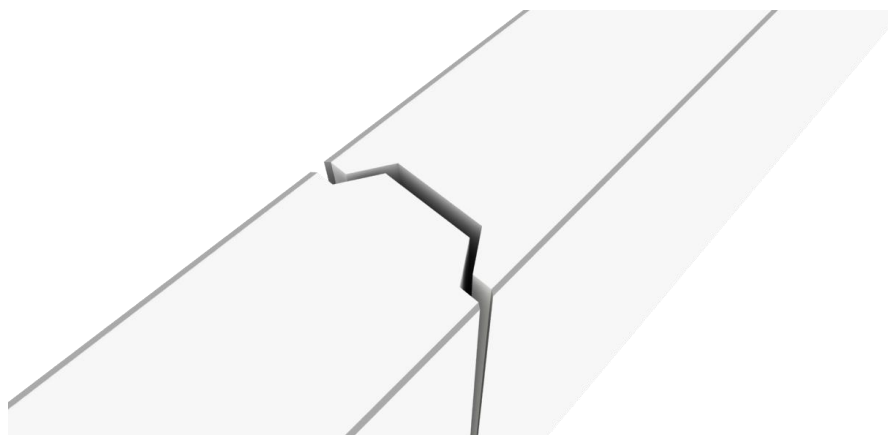


Figura 13 – Encaixe Macho-Fêmea. Fonte: Acervo do autor.

Uma preocupação das construtoras nos empreendimentos com painéis PETI é buscar dimensionamentos que possibilitem a utilização da característica do material ser autoportante, podendo vencer vãos livres de acordo com a espessura do painel, até 6 metros geralmente com a utilização do painel com espessura de 100 mm, até 9 metros com o painel de 150 mm, o que torna a estrutura mais limpa e econômica, sem necessidade de complementos estruturais metálicos, como pilares e vigas.

Para as edificações em painel PETI, é importante que o terreno esteja nivelado, terraplanado e compactado. Essa fase inicial é de extrema importância para obter excelência na construção com esta tecnologia.

Como fundação, utiliza-se o Radier (concreto armado polido 30 MPa) ou sapatas niveladoras (figura 14), com propriedades ajustáveis de até um metro por meio de parafuso e rosca, apoiadas em blocos de concreto, com chassis metálicos em perfis enrijecidos. A opção escolhida depende de vários fatores como tipologia da

edificação, local, tipo de solo, desnível, entre outros.



Figura 14 – Montagem de Chassi sobre sapata metálica e bloco. Fonte: Acervo do autor.

Através de perfis tipo "u" de chapa metálica com a parte externa branca, cria-se uma espécie de guia fixadas no piso, onde o painel é apoiado e fixado, este perfil, também confere um acabamento do tipo "rodapé". A fixação é feita com parafuso rebites e auxílio de selante e vedação com silicone branco (figura 15).



Figura 15 – Montagem de painéis PETI com perfis guia. Fonte: Acervo do Autor.

Pode-se assentar qualquer tipo de piso especificado pelo cliente, porém são priorizados aqueles de maior facilidade de montagem e limpeza, como a Manta Vinílica, que compõe-se perfeitamente ao sistema e apresenta ótimo custo-benefício.

É possível utilizar qualquer tipologia de portas e janelas desde que não possuam um peso muito grande, característica que pode influenciar na estrutura. As empresas que trabalham com os painéis PETI, utilizam os próprios painéis para a fabricação das portas, geralmente com espessura de 35mm e para as janelas são utilizados perfis de alumínio e vidro, e aproveitam a medida 116 cm de largura do painel para padronizar, de forma a economizar cortes da peça.

Observou-se que as medidas mais utilizadas para as janelas são: 116 cm x 120 cm, 60 cm x 60 cm, 116 cm x 70 cm (esta podendo ter altura variável) e 232 cm x 120 cm (figura 16).



Figura 16 – Escritório para mineradora em painel PETI. Fonte: Acervo do Autor

Para cobertura, com vãos não ultrapassando 5 ou 6 metros, é utilizado o painel de 100 mm, com inclinação variável, a partir de 5%. Para vãos maiores, utiliza-se painéis com 150 mm ou 200 mm, conforme necessidade. Em alguns casos, como beirais rebaixados, pode-se utilizar inclinação mínima, de até 2% ou 3%.

Para fixação e acabamento utilizam-se perfis de alumínio pintado, chapas de aço ou chapa Colorbond, fixados por meio de insertes metálicos. Para calafetar e fixar, utiliza-se selante de poliuretano.

Este tipo de sistema exige a necessidade de forro já que o painel possui excelente acabamento e a inclinação necessária é mínima (figura 17).



Figura 17 – Consultório para mineradora em painel PETI sem forro. Fonte: Acervo do Autor.

O sistema elétrico utilizado é do tipo aparente, deixando à escolha do cliente produtos em PVC ou eletrodutos galvanizados. As instalações hidráulicas, também são aparentes e para um melhor acabamento, utilizam *shafts* metálicos feitos em fábrica ou o próprio painel para esconder e proteger as instalações (figura18).



Figura 18 – Shafts em painel escondem a instalação hidráulica. Fonte: Acervo do autor.

Há a possibilidade de utilização de estruturas metálicas componentes, formadas por vigas e pilares, quando necessário, e para a fixação dos mesmos são desenvolvidas peças e perfis em fábrica (figura 19).



Figura 19 – Estruturas metálicas complementares. Fonte: Acervo do autor.

Para esta tipologia de sistema, as edificações possuem em sua maioria caráter semi-permanente, com utilização máxima de 10 anos, porém, há construções ainda sendo utilizadas com mais de 20 anos.

Atualmente, o preço para a construção em Painel PETI varia entre R\$ 2.000,00 a R\$ 3.500,00 o metro quadrado, dependendo do local e dos treinamentos que os funcionários devem ter para mobilização. Este preço inclui a construção de toda a obra, civil e montagem.

Para a construção do Escritório modelo em Painel PETI (Projeto apresentado no Apêndice 2), a estimativa de produção dos elementos seria de 20 (vinte) dias e montagem de 1 (um) mês, considerando o terreno já nivelado e terraplanado.

4.2 Placas em Concreto Laminar

Este tipo de sistema (figura 20) constitui-se por painéis, em quadro, com perfis de aço laminados a frio ou de chapas dobradas, com propriedades anticorrosivas, que determinam sua espessura e dimensão, e tela de aço metálico preenchidos com concreto.



Figura 20 – Montagem de Edificação em Concreto Laminar. Fonte: Laminus Engenharia.

Desenvolvida pelo professor da UNB e engenheiro civil Anselmo Duarte, no final da década de 80, baseada nos estudos sísmicos que fez do Japão, esta tipologia já passou por diferentes evoluções e testes, estes todos aprovados, sob o vigor da Norma de Desempenho da ABNT, a NBR15757:2013, onde consideraram desempenhos térmicos e acústicos, resistência ao impacto e permeabilidade da superfície.

A modulação deste sistema parte do princípio de medidas inteiras, a partir de 1 metro, 2 metros, 3 metros até 6 metros de comprimento. A altura costuma ser viável de acordo com o desejo do cliente (figura 21).



Figura 21 – Montagem em Concreto Laminar com diferentes alturas. Fonte: Laminus Engenharia.

Este tipo de sistema obtém êxito em economia especialmente quando o produto será repetido diversas vezes, como pequenos escritórios, ambulatórios, etc, pois a repetição do processo gera diversos benefícios, como agilidade de fabricação das peças constituintes, redução de custos e tempo, entre outros fatores.

Com o apoio de uma mesa (figura 22), os quadros metálicos são montados, com especificações feitas no setor de projeto. Após a montagem dos quadros metálicos, inicia-se a concretagem com caminhão betoneira, que lança o concreto num ciclo de aproximadamente dez minutos em média. Após lançado o concreto, os vibradores da superfície adensam o concreto rapidamente, procedendo então a limpeza e acabamentos.



Figura 22 – Mesa de montagem de perfis e telas na fábrica. Fonte: Acervo do autor.

Quando há instalações elétricas, hidráulicas, janelas e portas, os painéis antes de serem concretados, são preparados, recebendo os perfis e acessórios necessários, conforme figura 23.

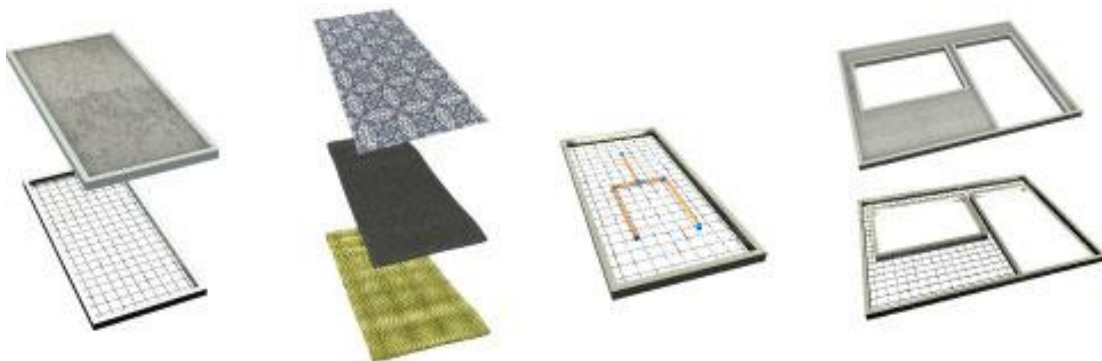


Figura 23 – Ilustração dos painéis com acabamentos e instalações. Fonte: Falco Construções.

Vinte e quatro horas após a concretagem, a mesa é basculada do ponto horizontal para o vertical e a partir da força da gravidade, há um deslocamento

vertical que possibilita a desforma. O painel então é levado para a área de cura (figura 24) onde é umedecido até atingir a resistência desejada e estocado em seguida (figura 25)



Figura 24 – Umedecimento do painel para atingir resistência. Fonte: Acervo do autor.



Figura 25 – Estocagem dos painéis na posição vertical na fábrica. Fonte: Acervo do autor.

Conforme manual de Parede de Concreto, desenvolvido pela comunidade da construção (20--), há a possibilidade de utilização de 4 tipos de concreto para este sistema:

- Concreto celular (tipo L1);
- Concreto com elevado teor de ar incorporado - até 9% (tipo M);
- Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica (tipo L2);
- Concreto convencional ou concreto auto-adensável (Tipo N).

Para as formas, também há a possibilidade de utilização de alguns tipos:

- Formas metálicas (quadros e chapas em alumínio ou aço);
- Formas metálicas e compensado (quadros em alumínio ou aço e chapas de madeira compensada ou material sintético);
- Formas plásticas (quadros e chapas de plástico reciclável contraventadas por estruturas metálicas).

Para o projeto do escritório modelo (Apêndice 3), o tempo necessário para a fabricação das peças é de 30 (dez) dias e montagem em 10 dias.

Em relação ao valor, para as situações convencionais, com acabamento de médio padrão, considera-se uma faixa de R\$ 3.000,00 o metro quadrado.

4.3 OSB

Este tipo de tecnologia consitui-se por chapas tipo OSB (*Oriented Strand Board*) (figura 26), uma chapa estrutural de lascas de madeira (como por exemplo o Eucalipto ou Pinus), unidas por resinas resistentes ao cupim e à umidade e depois prensadas em alta temperatura, em várias camadas, aumentando sua resistência mecânica e rigidez.



Figura 26 – Chapa OSB. Fonte: AEC WEB.

Essas chapas que possuem a mesma resistência e capacidade de suportar cargas como o *mdf* ou *mdp*, trabalham com a modulação de 1,22 m x 2,44 m, com espessura de 6 mm a 30 mm (mas a mais usual é a de 12mm), e são encaixadas em montante de madeira (como cumaru ou jatobá) com espessura de 55 mm. Essa composição torna o sistema autoportante para até aproximadamente 5 metros de vão livre (figura 27).



Figura 27 – Escritório de obras em OSB. Fonte: Melo Canteiros.

É de extrema importância o terreno estar limpo, nivelado (com declividade inferior a 1 %) e compactado conforme figura 28. Esta etapa geralmente fica sob responsabilidade do cliente, que deve entregar o local com as características adequadas para a montagem e estocagem das peças.



Figura 28 - Conjunto do canteiro da Cimcop em OSB. Fonte: Costa (2012)

Para a fundação são feitos baldrame corridos de alvenaria de tijolos ou blocos de concreto. Em relação ao contra piso e piso são executados no interior da construção e o acabamento é com argamassa de cimento e areia ou cerâmica, conforme solicitação do cliente.

Nas esquadrias, mantem-se a mesma linha de utilização de modulação com elementos leves, com portas do tipo prancheta em madeira e janelas de alumínio e vidro ou madeira e vidro (figura 29), variável de acordo com a necessidade.



Figura 29 - Detalhe externo do canteiro da Cimcop em OSB. Fonte: Costa(2012)

Para as áreas molhadas, é indicada a utilização de vedação em alvenarias ou outras tipologias construtivas, já que a umidade é indesejável para este tipo de construção. Porém a fim de se evitar ao máximo a utilização de outro sistema, aconselha-se utilizar apenas a alvenaria nas paredes hidráulicas até a altura das prumadas, como no caso dos chuveiros, aproximadamente 2,0 m.

Para as instalações elétricas, utilizam-se sistemas aparentes, desejáveis em PVC, pela leveza e facilidade de instalação e limpeza.

Na cobertura, opta-se por estrutura de tesouras e terças em madeira pinus ou eucalipto (figura 30) com seção conforme necessária e as telhas geralmente são de fibrocimento onduladas. O forro é constituído de chapas de madeira prensada tipo OSB ou laminado de PVC (figura 31).



Figura 30 - Construção em OSB com estrutura de telhado em madeira. Fonte: LP Brasil.



Figura 31 - Escritório com forro em OSB. Fonte: Melo Canteiros

O tempo para construção do escritório modelo (Apêndice 4) em OSB, é de aproximadamente quinze dias de fabricação dos elementos e um mês de montagem.

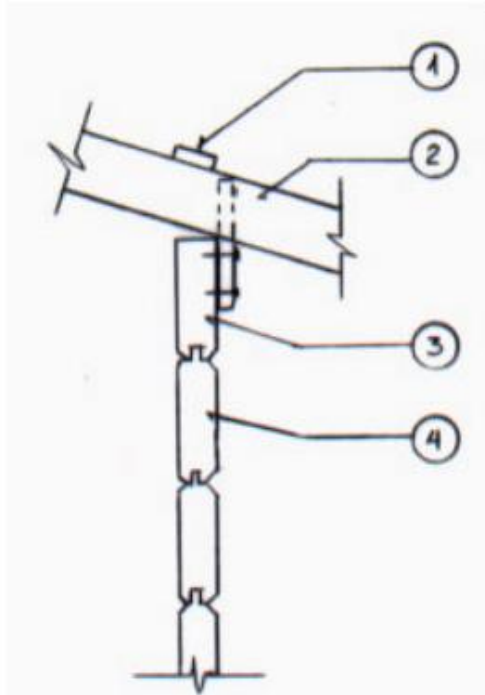
O preço para este tipo de construção, é a partir de R\$ 900,00 o metro quadrado, porém, este valor depende do acabamento, uso, durabilidade necessária, desmontabilidade, entre outros fatores.

4.4 ESCAMA DE MADEIRA

Esta tipologia de construção (figura 32), conhecida também por pranchas horizontais de madeira, compõe-se por painéis simples de madeira (utilizando por exemplo o pinus ou Angelim Pedra), com encaixe tipo macho-fêmea, largura de 15 cm, e espessura conforme necessidade do cliente, geralmente de 20 mm a 45 mm que são encaixadas em montantes quadrados (podendo ser chamados também de pilares) de madeira de lei com espessura variável de 55 mm a 150mm, conforme figura 33.



Figura 32 - Construção em Escamas de Madeira. Fonte: Cerne Engenharia.



Legenda:

- 1 - Ripa
- 2 - Caibro
- 3 - Frechal
- 4 - Parede estrutural em pranchão horizontal

Figura 33 - Ilustração de detalhe de montagem em Escamas. Fonte: Casema (1998)

Os montantes (figura 34) além de guia, possuem a função de travamento das paredes e sustentação das cintas que recebem a carga do telhado. As distâncias entre eles variam de acordo com projeto e necessidade, porém não é aconselhável ultrapassarem de 2 metros.



Figura 34 – Detalhe dos montantes do sistema em Escamas. Fonte: Acervo do autor.

Assim como os demais sistemas anteriores, é necessário que o terreno esteja limpo, nivelado e compactado (com aceitável declividade de 1%). Estes fatores caso não sejam atendidos, podem gerar um impacto grande no final da obra, como por exemplo, possibilidade de erosão ou deslizamento de solo ou comprometimento da estrutura.

A fundação mais utilizada neste tipo de sistema é baldrame corrido de blocos de concreto e radier com tela metálica, soldada e nervurada. O contra piso e piso são executados no interior da construção. O piso é acabado com argamassa de cimento e areia ou cerâmica assentados com a cerâmica escolhida pelo cliente.

As esquadrias, possuem dimensões específicas de cada fabricante, porém com um estudo de viabilidade pode-se adotar medidas fora do padrão. A fixação é feita por encaixe com o auxílio dos montantes e os materiais comumente utilizados são a madeira e o vidro.

Nas instalações hidráulicas, utiliza-se alvenaria ou outra tipologia compatível, isto porque mesmo resistente, a madeira não é aconselhada em ambientes em que a umidade é constante.

Para as instalações elétricas, adota-se sistema de instalações aparentes como eletrodutos aço galvanizado (figura 35), ou PVC (desejável em PVC pela leveza e facilidade de manuseio) ou de filetes fixados nos montantes por onde passa a tubulação.

Há a opção de utilizar diversos acabamentos como forros (PVC ou Madeira prensada), tipos de pintura e rodapés (madeira ou de acordo com o piso) e a escolha fica a cargo do cliente, que pode escolher a opção de sua preferência.



Figura 35 – Detalhe da instalação elétrica em eletroduto galvanizado. Fonte: Acervo do autor.

A cobertura, geralmente possui estrutura em madeira, e telhas em fibrocimento, devido a facilidade de montagem e leveza, porém, a escolha fica a critério do cliente.

O tempo para construção do escritório modelo (Apêndice 5) no sistema de escamas de madeira, é de aproximadamente trinta dias de fabricação dos elementos e um mês de montagem.

O preço para este tipo de construção, é a partir de R\$ 1200,00 o metro quadrado, porém, assim como as demais tecnologias apresentadas, este valor depende de fatores como escolhas do cliente e além do local que será inserida a edificação.

5. MÉTODOS

A partir das informações cedidas pelos fabricantes, será apresentado neste capítulo, os parâmetros utilizados para a comparação dos sistemas.

5.1 Propriedade de adequação

A adequação é entendida pela capacidade do produto em modificar-se de forma a atender à necessidade do cliente. É desejável um nível de adaptabilidade, afim de facilitar a utilização do sistema.

5.1.1 Adequação ao Projeto

O nível de adequabilidade ao projeto, conforme estudado, gera um impacto direto no orçamento, isto porque a saída da padronização dos sistemas, padrão esse que leva a economia, necessita de estudos, detalhamentos novos, gerando tempo não antes previsto.

5.1.2 Adequação ao Local inserido

Este item é muito almejado pois o sistema que possui a capacidade de se adequar a qualquer local, tem a possibilidade de ser mais utilizado.

As empresas contratadas geralmente solicitam uma faixa de aproximadamente dois metros de largura no entorno da edificação a fim de facilitar o acesso, transporte de materiais entre outros.

5.1.3 Adequação à outras tipologias construtivas

Este tipo de adequação, refere-se à reformas, modificações e expansões em sistemas diferentes ao qual foram construídos, como por exemplo uma ampliação com sistema pré-fabricado em uma construção em alvenaria convencional.

5.2 Peso

O peso é uma característica importante pois relacionado à ele, há a fundação, processo sério, que necessita de atenção especial. Quanto mais leve a construção, maior o alívio do peso no descarregamento ao solo, ou seja, mais simples pode ser a fundação, gerando maior economia.

5.3 Condições térmicas e acústicas

Estas condições relacionam-se diretamente na qualidade final do ambiente construído. É desejável um bom nível térmico e acústico, pois os locais em questão apresentados, como mineradoras, hidroelétricas, rodovias e ferrovias, muitas vezes além de não apresentarem sombreamentos, vegetação, entre outros aspectos que aumentam a agradabilidade do ar, são providos de barulhos altos, devido às máquinas e veículos, podendo interferir no trabalho do usuário do escritório.

5.4 Tempo de montagem

O tempo reduzido de montagem é um fator desejável pois geralmente estas grandes obras são em locais de risco então quanto menos tempo e menos mão de obra em campo melhor.

5.5 Durabilidade

A durabilidade entra em questão devido aos locais que as obras são inseridas, muitas vezes em ambientes agressivos, marcados pela presença de minérios e outros aspectos que podem degradar a edificação mais rapidamente do que em um local convencional, como uma construção dentro de um centro urbano, por exemplo.

5.6 Facilidade em Montabilidade/Desmontabilidade

A montabilidade/desmontabilidade é uma característica que atrai muitos empresários, já que a ideia de reaproveitamento de material para a construção do canteiro gera uma economia considerável para construtoras e empreiteiras.

5.7 Resistência

A resistência é um fator desejável para que a estrutura seja forte o suficiente para aguentar intempéries, vibrações, e outros tipos de ações que possam ser demandadas.

5.8 Acabamentos

Acabamentos complementares, neste caso, muitas vezes são deixados como itens supérfluos, já que para a função que irá exercer, a de edificação para canteiros de obras, não há a necessidade maior de serem belos, e sim de serem adequados a um ambiente de trabalho.

O acabamento final da edificação, apesar de não ser um dos itens mais importantes, é um elemento considerável, já que as estruturas pré-fabricadas e os

canteiros de obras, são marcados muitas vezes pela improvisação e ausência de padrões.

5.9 Limpeza

A facilidade de limpeza, fator desejável, é de extrema importância pois, conforme discutido anteriormente, os escritórios de obras para grandes construções, geralmente possuem muita sujeira como minério, asfalto e até mesmo a própria poeira.

5.10 Preço

O preço final do metro quadrado construído, varia muito conforme localização e acesso à obra, além de treinamentos, programas de gerenciamento, que muitas vezes são solicitados pelas contratantes. Estes fatores encarecem a obra como um todo, afetando diretamente no preço final da metragem quadrada.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir das considerações evidenciados anteriormente, não é possível classificar um sistema como "bom" ou "ruim", o que existe é o sistema mais adequado a cada situação. Cada empreendimento possui suas características próprias e as necessidades sempre variam de acordo com o usuário.

Todos os sistemas estudados, demonstraram a possibilidade de adequação. O sistema de Concreto Laminar porém, foi o que mais evidenciou a dificuldade para esta situação pois haveria necessidade de modificações dos componentes e ferramentas em fábrica para a construção das placas, situação indesejada pois demandaria mais custo e tempo, mas que poderiam ser revertidas em orçamento e cronograma, ou seja, existe a possibilidade de modificação dos módulos mas o cliente adquirirá um produto mais caro e o receberia com um tempo maior.

O sistema que apresentou a maior facilidade de adequação projetual foi o "Painel PETI", pois há uma facilidade de corte dos painéis *in loco*, com serra tico-tico ou outra ferramenta de corte. Este corte apesar de demandar um tempo maior e possível desperdício de material, não gera grandes preocupações pois os montadores da obra estão acostumados a executar este tipo de serviço.

Em todos os sistemas apresentados a adequação ao local inserido ou adaptabilidade de inserção, demonstrou que em relação ao terreno, o mesmo precisa estar nivelado e compactado para não existir erros. A possibilidade de utilização das sapatas niveladoras no sistema com Painéis PETI, demonstrou que apesar da necessidade da compactação, é possível vencer pequeno desnível, já que as sapatas possuem a característica de adequar-se a pequenas diferenças de alturas e inclinações.

De acordo com as tipologias de obras e locais, evidenciou-se que os sistemas mais resistentes à intempéries, mineração, agentes físicos e químicos e facilidade

de limpeza, foram os painéis PETI e o Concreto Laminar. Os painéis PETI, por serem desenvolvidos inicialmente para câmaras frigoríficas, ambiente que deve ser constantemente limpo, possuem a possibilidade de serem lavados com jatos de água e/ou produtos químicos. O concreto laminar também pode receber limpeza com água porém não é aconselhável a utilização de produtos além de detergentes comuns. Os sistemas em madeira, OSB e Escamas, apresentaram-se inferiores neste quesito. Este resultado foi obtido a partir do problema existente entre a umidade e a madeira, fator que pode levar à degradação do produto, mesmo que este esteja preparado para qualquer tipo de eventualidade.

Para a adequação em reformas e expansões, observou-se que o painel PETI, apesar de ainda apresentar satisfatória adequação à outras tipologias, é o menos adaptável, já que são necessários perfis de fixação que não são de linha. As chapas OSB e Escamas de madeira, já estão mais preparadas e possuem *know how* em relacionar outras tecnologias com elas, pois necessitam destes outros sistemas.

O peso final da edificação é um item que todos os fabricantes levam em consideração, pois gera impacto em etapas de grande importância e com significativo valor geral e tempo, como a fundação. O sistema que possui maior peso é o Concreto Laminar, que também entre todos os sistemas, suporta o maior peso em suas placas, e o menor OSB, que por sua vez, não suporta pesos consideráveis, quando fixados em suas chapas.

As condições térmicas e acústicas nem sempre são consideradas pelos fabricantes apesar de terem grande importância no aspecto final da construção. O sistema que apresentou maior preocupação com isso, foi também o que obteve o maior desempenho com este tipo de condição: O Painel PETI, apesar de apresentar pequena reverberação, um tipo de reflexão múltipla da frequência do som. Um desempenho inferior ficou evidenciado nas construções em OSB, nas quais, segundo relatos de usuários deste tipo de edificação, é necessário utilizar sempre ar condicionado e janelas e portas fechadas para proporcionar condições

de trabalhabilidade, já que o calor e o barulho são presentes. Uma das causas deste desempenho inferior, é a espessura reduzida do OSB, que apesar de poder receber tratamentos termo-acústicos, possui a qualidade de ter uma maior área útil interna quando relacionada aos outros sistemas apresentados.

Uma outra situação, diz respeito a agilidade de montagem. O sistema que possui o preço mais elevado, o Concreto Laminar, apresenta a maior rapidez em montagem, fator almejado pois a redução de mão de obra em canteiros elimina não só diminuição de custos, mas de riscos, mobilização com equipamentos, ferramentas, entre outros. Já o sistema que apresentou um tempo de montagem maior quando relacionado aos demais estudados foi o Painel PETI, porém este é o sistema que tem a maior durabilidade (com garantia de 10 anos) e resistência à agente externos.

Em relação ao acabamento, a aparência das construções em OSB, demonstra uma fragilidade (mesmo provando ao contrário) e pouca evolução ao longo dos anos. A pintura que as chapas recebem muitas vezes tem a função apenas de proteger os elementos construtivos, já que a sujeira, poeira e minérios, típicos dos locais onde são utilizados estas construções, encardem rapidamente os painéis, que não podem ser limpos com jatos d'agua, como os painéis PETI e Concreto Laminar.

O acabamento do Concreto Laminar é o que mais assemelha-se à alvenaria convencional, com instalações embutidas, paredes emassadas e pintadas. Porém, para este acabamento, demanda-se um tempo maior em fábrica, além de mão de obra especializada, para cortar as placas e dar o acabamento final a elas, impactando diretamente no custo final da obra.

Ainda em relação ao acabamento, destacam-se os Painéis PETI e a Escama de madeira por já serem constituídos de materiais que funcionam como vedação e acabamento sem nenhum tipo de esforço adicional em obra (além do comumente necessário) e com bom aspecto.

No que diz respeito à montabilidade-desmontabilidade, todas as soluções são satisfatórias, com índices superiores a 85% de reaproveitamento do material, porém as tipologias que mais se destacaram foram o OSB e o Escama de Madeira, pela facilidade de desmontagem e transporte e pela leveza do material.

Evidenciou-se à partir de pesquisa com as empreiteiras, que apesar de venderem os produtos com esta característica "embutida", para obter-se êxito na 2ª montagem, deve-se ressaltar isto inicialmente, na hora da compra do produto, que a edificação será remontável, para que no planejamento e construção, utilize-se mais elementos que possuem a facilidade de demontagem/montagem, como parafusos, rebites, etc. de forma que não agrida também o próprio material. Outro aspecto relevante é que deve-se fazer a desmontagem com muito cuidado, de preferência com a própria empresa que realizou a montagem, já que os profissionais possuem *expertise* no assunto e conseguirão atingir um grau de reutilização das peças maior.

Alguns problemas expostos na desmontagem das peças, que levam ao desperdício são:

- Quebra, amassamento ou entortamento dos materiais;
- Manchas e sujeiras difíceis de serem limpas;
- Perda de pequenas peças.

Todos estes problemas, apresentados pelos sistemas, são consequência da falta de cuidado, que muitas vezes são gerados pela pressa e a falta de auxílio de um profissional capacitado.

Um outro item que gera um grau de reutilização menor do produto é a modificação de *layout*. Há muitos fatores que prejudicam a utilização de um novo *layout*, diferente do anterior. Muitos perfis de fixação e acabamento, por exemplo, são cortados com medidas específicas que se não forem respeitadas, não serão mais úteis. O piso, por receber as estruturas e as peças complementares, podem

também ficar com marcas que não conseguem ser removidas, de cola, ferrugem, arranhões e pequenas quebras. Além da própria modulação das vedações verticais, das portas e janelas.

As montagens/desmontagens repetidas vezes, refletem diferentemente no preço da edificação, já que além da utilização de produtos especiais e mão de obra diferenciada, a empresa por fornecer garantia do produto, necessita de considerar possíveis trocas, manutenções, etc, que geram gastos que se não forem considerados, podem levar a um prejuízo indesejável.

Percebe-se que as construções menos duráveis e menos resistentes são aquelas que apresentam um custo de metro quadrado construído inferior às demais, ou seja, paga-se menos por um produto que tem uma durabilidade menor e vice-versa.

7. CONCLUSÕES

Os canteiros de obras apresentam peculiaridades que devem ser respeitadas a fim de se obter um local de trabalho mais organizado, seguro, humanizado, de modo a usufruir o máximo potencial. Para o desenvolvimento do presente trabalho, optou-se por apresentar os sistemas construtivos pré-fabricados modulares, de forma conceitual, mais utilizados nos escritórios de canteiro em grandes obras.

As construções em pré-fabricados modulares, estão no mercado para suprir a demanda por construções rápidas, eficientes e com qualidade desejável. Há muitas opções no mercado e a escolha deve ser feita com base nas características do local, do tipo, porte, durabilidade, entre outros aspectos.

Neste estudo apresentou-se uma planta básica de *layout* (Apêndice 1) de escritório de canteiro, que foi adequada aos sistemas apresentados (Apêndice 1, 2, 3, 4 e 5) e sem muitas outras informações como um local na qual seria inserido. Esse fato se deu, devido à realidade que as fábricas e ou sistemas passam: necessitam de desenvolver o produto sem conhecer previamente a sua finalidade, de modo a criar padrões e modulações que abranjam o máximo possível de funções, especificações, etc.

O que ocorre porém, é que a falta de mais detalhes do escritório modelo, dificulta a escolha do melhor sistema, pois são as características do canteiro e suas necessidades que definem a melhor escolha da tecnologia. Além disso, sem estes aspectos, não consegue-se obter o máximo de qualidades que um tipo de tecnologia possa oferecer, como por exemplo futuras expansões ou uma maior durabilidade.

Diferentemente das construções tradicionais, com processos bem separados e individuais, as construções pré-fabricadas modulares, possuem relações entre as

partes envolventes totalmente dependentes entre si, o projeto, a fábrica, os construtores, montadores concebem o sistema de forma única, trazendo a vantagem de redução de erros.

A modulação, por constituir-se de módulos padronizados, traz uma facilidade de reformas, adequações e ampliação, pois os componentes construtivos, possuem muitas vezes medidas pré-estabelecidas, a incorporação de novos elementos ou substituição dos mesmos é facilitada.

Com o atraso apontado anteriormente no Brasil, em relação à outros países mais industrializados, as tecnologias pré-fabricadas ainda estão sendo desenvolvidas, evoluindo a partir da sua aplicação, podendo então gerar erros e até mesmo improvisos, atitude indesejável em obras pois gera gasto de tempo e recursos não antes previstos. Porém, estas atuais modificações, já estão sendo reduzidas pois a experiência dos fabricantes aumenta a medida que vendem, experimentam e testam o produto, isto porque o discernimento do que funciona ou não, só é possível com a execução do sistema.

8. BIBLIOGRAFIA

BÓGEA, Marta; REBELLO, Yopanan C. P. Peles em Movimento. Revista AU. Disponível em: <<http://www.revistaau.com.br/arquitetura-urbanismo/138/peles-emmovimento-22229-1.asp>>. Acesso dia: 25/10/2014.

ROSSO, Teodoro. *Racionalização da Construção*. São Paulo, FAUUSP, 1980.

EKERMAN, Sergio Kopinski. *Um quebra-cabeça chamado Lelé*. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.064/423>> Acesso em: 05/12/2014.

OTTONI, Maria Abadia. Disponível em: <<http://mariaabadiaottoni.blogspot.com.br/2011/04/paineis-de-madeira-industrializadaquem.html>> Acesso em: 08/12/2014.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEC WEB. *Arquitetura, Construção e Engenharia*. Disponível em: <<http://www.aecweb.com.br/>>. Acesso em 10/12/2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão*. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8915 - Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior*. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9050 – Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços*. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9077 – Saídas de Emergências em Edifícios*; Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado*. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. - *NBR 10152: 1987 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico*. Rio de Janeiro. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12284 - Áreas de vivência em canteiros de obras - Procedimento*. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15575 – Edificações habitacionais — Desempenho*. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15873 - Cordenação modular para edificações*. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13962 - Móveis para escritórios - Cadeiras - Requisitos e métodos de ensaio*. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13966 - Móveis para escritório - Mesas - Classificação e características*. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15873 - Cordenação modular para edificações*. Rio de Janeiro, 2010.

BAUHAUS Dessau. Disponível em: <<https://www.bauhaus-dessau.de/toerten-estate.html>>. Acesso em: 15/11/2014.

BENDER, R. – “*Una visión de la construcción industrializada*”, Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona, Espanha, 1976.

BIRBOJM, Allan. *Construções temporárias para o canteiro de obras / A. Birbojm, U.E.L. de Souza. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/315*). São Paulo: EPUSO, 2002. 20 p.

BOGÉA, Marta. *Cidade Errante – Arquitetura em Movimento*. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2009.

BOIÇA, Stella Marys Rossi. *Desempenho de estruturas em concreto: Proposta de modelo de análise comparativa entre sistemas constutivos: Estudo de caso*. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

BRASIL. Manuais de legislação Atlas - Segurança e Medicina do Trabalho - 57ª edição - Brasil, Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977, Ministério do Trabalho e Emprego, Portaria 3.214/78. *Norma Regulamentadora 04 - Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho*;

BRASIL. Manuais de legislação Atlas - Segurança e Medicina do Trabalho - 57ª edição - Brasil, Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977, Ministério do Trabalho e Emprego, Portaria 3.214/78. *Norma Regulamentadora 05 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA*

BRASIL. Manuais de legislação Atlas - Segurança e Medicina do Trabalho - 57ª edição - Brasil, Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977, Ministério do Trabalho e Emprego, Portaria 3.214/78. *Norma Regulamentadora 06 – Equipamentos de Proteção Individual;*

BRASIL. Manuais de legislação Atlas - Segurança e Medicina do Trabalho - 57ª edição - Brasil, Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977, Ministério do Trabalho e Emprego, Portaria 3.214/78. *Norma Regulamentadora 07 - Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional - PCMSO;*

BRASIL. Manuais de legislação Atlas - Segurança e Medicina do Trabalho - 57ª edição - Brasil, Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977, Ministério do Trabalho e Emprego, Portaria 3.214/78. *Norma Regulamentadora 08 – Edificações;*

BRASIL. Manuais de legislação Atlas - Segurança e Medicina do Trabalho - 57ª edição - Brasil, Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977, Ministério do Trabalho e Emprego, Portaria 3.214/78. *Norma Regulamentadora 09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA;*

BRASIL. Manuais de legislação Atlas - Segurança e Medicina do Trabalho - 57ª edição - Brasil, Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977, Ministério do Trabalho e Emprego, Portaria 3.214/78. *Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia;*

BRASIL. Manuais de legislação Atlas - Segurança e Medicina do Trabalho - 57ª edição - Brasil, Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977, Ministério do Trabalho e Emprego, Portaria 3.214/78. *Norma Regulamentadora 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção;*

BRASIL. Manuais de legislação Atlas - Segurança e Medicina do Trabalho - 57ª edição - Brasil, Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977, Ministério do Trabalho e Emprego, Portaria 3.214/78. *Norma Regulamentadora 23 – Proteção contra Incêndios;*

BRASIL. Manuais de legislação Atlas - Segurança e Medicina do Trabalho - 57ª edição - Brasil, Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977, Ministério do Trabalho e Emprego, Portaria 3.214/78. *Norma Regulamentadora 24 - Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho;*

BRASIL. Manuais de legislação Atlas - Segurança e Medicina do Trabalho - 57ª edição - Brasil, Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977, Ministério do Trabalho e Emprego, Portaria 3.214/78. *Norma Regulamentadora 26 – Regras de Sinalização;*

BRUMATTI, Dioni Oliveira. *Uso de pré - moldado – estudo e viabilidade*. Vitória, 2008.

BRUNA, Paulo J. V. *Arquitetura, industrialização e desenvolvimento*. Ed. Perspectiva. 2002.

CASEMA. *Manual de Montagem CASEMA*. 1998. pg.35

CASTELLS, Eduardo. *Avaliação da aplicabilidade de programas para a qualidade de projeto na elaboração de projetos de edifícios residenciais e comerciais em altura*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

CERNE ENGENHARIA. *Escamas e OSB*. Disponível em: <<http://www.cerneengenharia.com.br/site/produtos.html>>. Acesso em 15/10/2014.

CESAR, C. G. *Desempenho estrutural de painéis pré - fabricados com blocos cerâmicos*. Tese apresentada ao Programa de Pós -Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos de obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. Florianópolis, 2007.

CHING, Francis D. K.. *Arquitetura - Forma, espaço e ordem*. 3ª Ed. Nova York, 2013.

COLOMBO. R.C; BAZZO. W.A. *Desperdício na construção civil e a questão habitacional: um enfoque CTS*. Disponível em: <<http://www.oei.es/salactsi/colombobazzo.htm>>. Acesso em: 25/11/2014.

COSTA, Luiza Vaz. *Unidade mínima móvel para escritório de obra*. Monografia. Instituto Metodista Izabela Hendrix. 2012.

DACOL, Silvana. *O potencial tecnológico da indústria da construção civil: uma proposta de modelo*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1996.

DORFMAN, G. *Flexibilidade como balizador do desenvolvimento das técnicas de edificação no século XX*. UNB/FAU/Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília: UNB, 2002.

ELLIOT, R. S. *Precast Frame Concepts, Economics and Architectural Requirements*. In *workshop on Design & Construction of Precast Concrete Structures*. Construction Industry Training Institute. Singapura, 2002.

FALCO CONSTRUÇÕES. *Construções com mobilidade*. Disponível em: <<http://www.falcoconstrucoes.com.br>>. Acesso em: 13/10/2015.

FERREIRA, Mario dos Santos, BREGATTO, Paulo Ricardo, D'AVILA, Márcio Rosa. Artigo 86: *Coordenação Modular e Arquitetura: Tecnologia*,

Inovação e Sustentabilidade. Porto Alegre.

HELM, Joanna . *Arte e Arquitetura: Yona Friedman*. ArchDaily. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/41015>> Acesso em: 19/06/2012.

HOUSING. Disponível em: <<http://www.housing.com/prefab-homes/history-prefabricated-home>> Acesso em: 06/09/2014.

INFO Escola. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/grecia-antiga/partenon>>. Acesso em: 20/11/2014.

KIM, Lina; WESELY, Michael. *Arquivo Brasília*. São Paulo: Cosac Naify, 2010.

KRAMBECK, Thais Inês. *Revisão do sistema construtivo em madeira de floresta plantada para habitação popular*. Dissertação (Mestrado em arquitetura) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006.

LABORATÓRIO DE MECÂNICA COMPUTACIONAL. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.lmc.ep.usp.br/people/hlinde/estruturas/cristal.htm>>. Acesso em: 08/12/2014.

LAMINUS ENGENHARIA. Disponível em <<http://www.laminus.com.br>>. Acesso em: 06/10/2014.

LICHTENSTEIN, N. B. *Formulação de modelo para o dimensionamento do sistema de transporte em canteiro de obras de edifícios de múltiplos andares*. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1987. 268p.

LIMA, João Filgueiras. *João Filgueiras Lima arquiteto: pensamento e obra*. Rio de Janeiro, Módulo, n. 57, fev. 1980.

LUNATYKA Interiores. Disponível em: <http://lunatykasinteriores.blogspot.com.br/2009_06_01_archive.html>. Acesso em 18/01/2014.

LEUSIN, Sérgio. *Existe inovação nas edificações?* In: Encontro nacional de engenharia de produção. Anais. Piracicaba, SP: UNIMEP/ABEPRO, 1996.

LP BRASIL. Steel Frame e OSB. Disponível em: <<http://www.lpbrasil.com.br/>>. Acesso em: 15/11/2014.

MADEIREIRAS OSASCO. *O que é OSB?*. Disponível em: <<http://www.madeirasosasco.com.br/news/o-que-%EF%BF%BD%EF%BF%BD--osb/4>>. Acesso dia: 28/10/2014.

MANDOLESI, Enrico. *Edificación. El proceso de edificación. La edificación industrializada. La edificación del futuro* - Ediciones CEAC / Barcelona, España, 1981.

MAYOR, Wagner Rocha Soutto (2012). *Sistema Construtivo Modular*. Monografia para CECC- UFMG. BH. 2012

MELO CANTEIROS. Disponível em: <<http://www.melocanteiros.com.br>>. Acesso em: 22/11/2014.

MELO, Carlos Eduardo Enrich. *Manual Munte de Projetos em Pré-Fabricados de Concreto*. 2004.

MELO, Michel. *Tilt-up e suas múltiplas vantagens*. 2010. Disponível em :<<http://www.cimentoitambe.com.br/tilt-up-e-suas-multiplas-vantagens/>>. Acesso em: 28/10/2014

NAKAMURA, Juliana. *Pré-fabricados de concreto já são largamente empregados*

em projetos com alto grau de repetição e amplos vãos livres. Mas uso em edifícios altos, especialmente residenciais, ainda é restrito. 2013. Disponível em:<
.http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/149/pre-fabricados-de-concreto-ja-sao-largamente-empregados-em-projetos-com-301998-1.aspx>; Acesso em: 22/10/14.

ROSSO, T. *Pré-fabricação, a coordenação modular : teoria e pratica.* São Paulo, Instituto de Engenharia. 1996.

SAURIN, Tarcisio Abreu, FORMOSO, Carlos Torres. *Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos.* Recomendações Técnicas HABITARE Volume 3. Porto Alegre. 2006

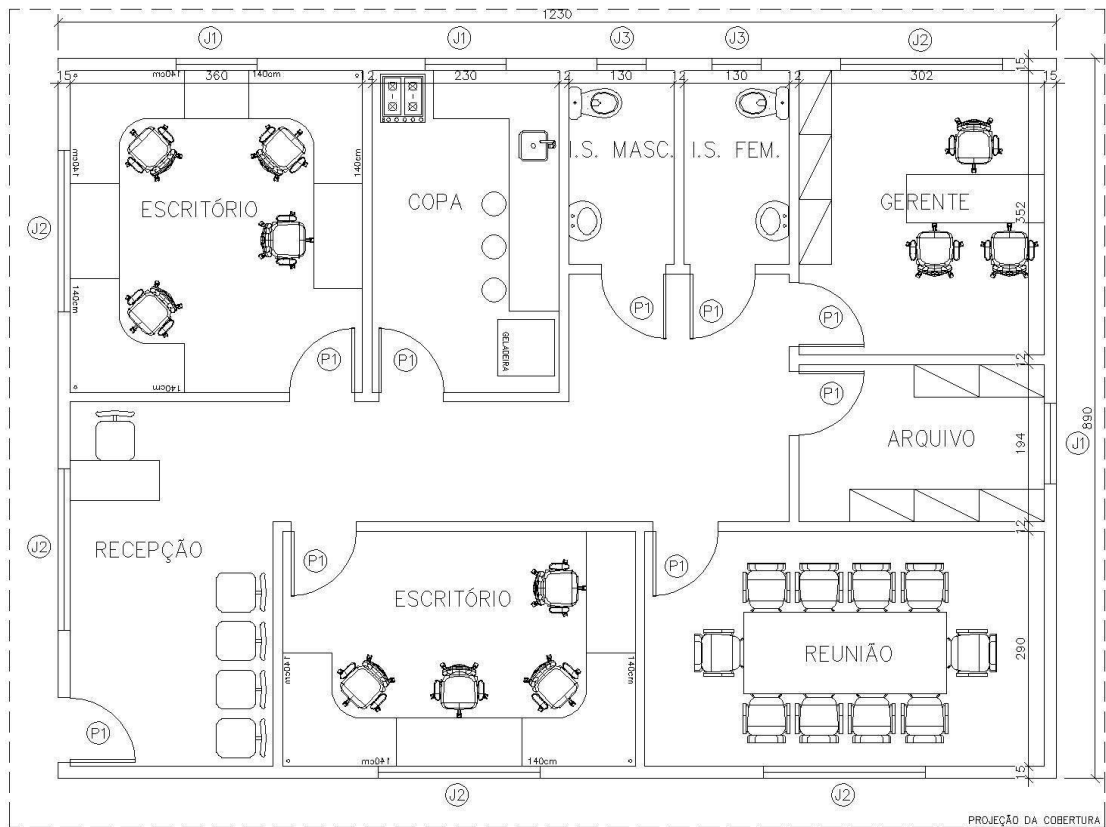
SERRA, S.M.B.; FERREIRA, M.de A.; PIGOZZO, B. N. *Evolução dos Pré-fabricados de Concreto.* Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos. 2005.

TEIXEIRA, Jamilla Lutif. *Aula tecnologia das construções II.* Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo. 2012

VASSÃO, Caio Adorno. *A formalização como fator da mobilização da arquitetura: Arquitetura Móvel, Arquitetura científica e metadesign.* IV Colóquio de pesquisas em habitação: Coordenação modular e Mutabilidade - Escola de Arquitetura da UFMG. 2007

VICTORIAN WEB. Disponível em:
<<http://www.victorianweb.org/history/1851/37.html>>. Acesso em: 20/10/2014.

10. APÊNDICE 1 - PROJETO BÁSICO DE ESCRITÓRIO MODELO



PLANTA ESCRITÓRIO DE OBRAS

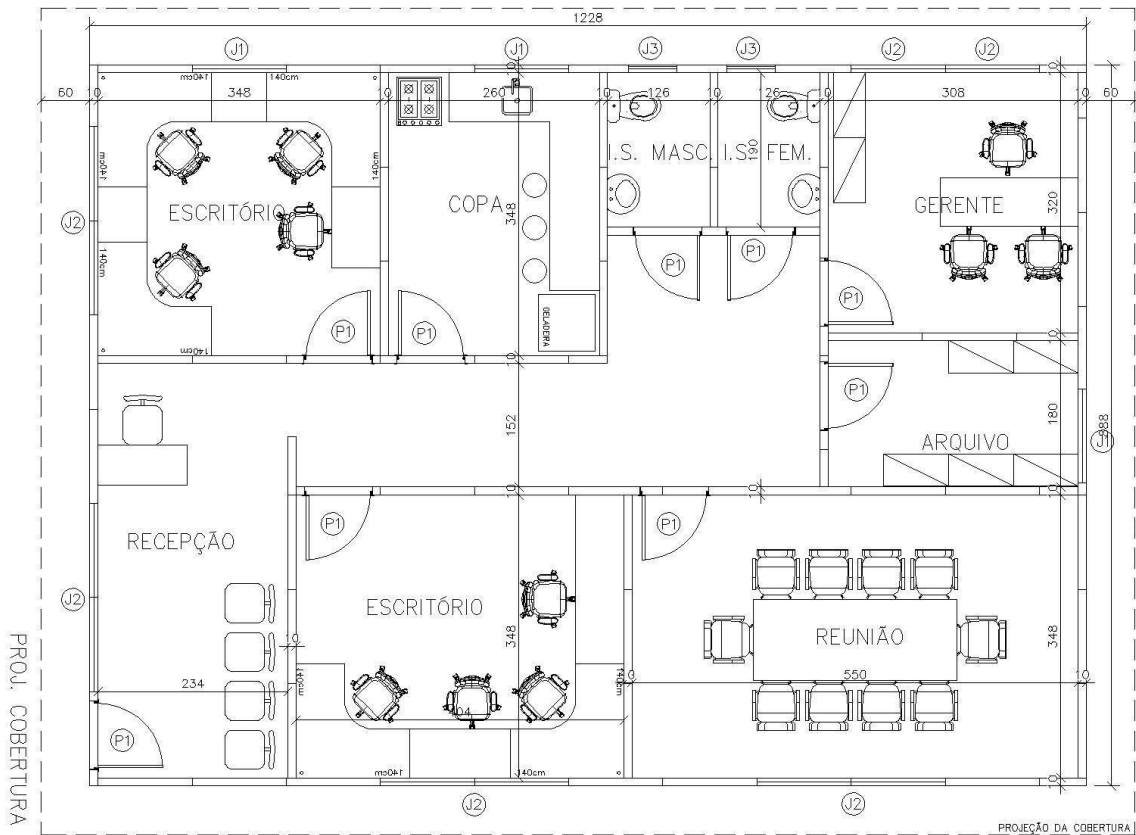
ALVENARIA CONVENCIONAL



TABELA DE ESQUADRIAS

TIPO	QUANT.	TAMANHO (cm)	DESCRIÇÃO
J1	03	100x120	Alumínio e vidro
J2	05	200x120	Alumínio e vidro
J3	02	60x60	Alumínio e vidro
P1	09	80x210	Prancha de madeira

11. APÊNDICE 2 - PROJETO BÁSICO DE ESCRITÓRIO MODELO ADEQUADO EM PAINEL PETI



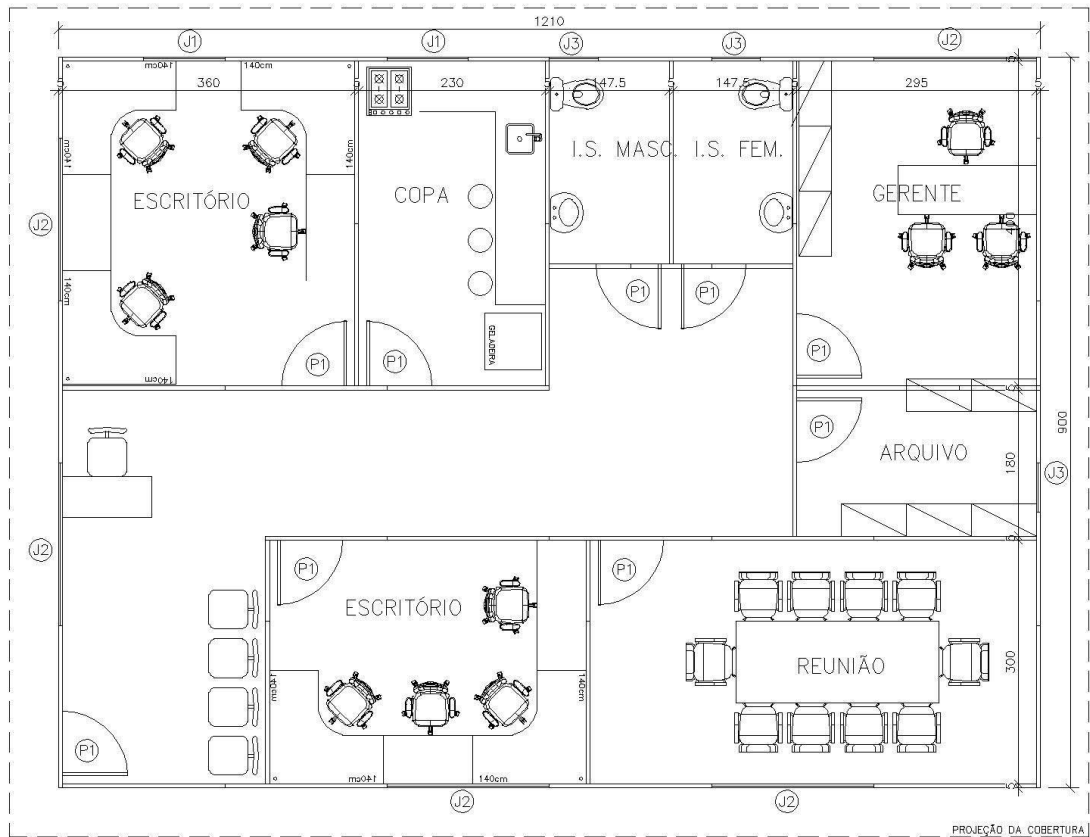
PLANTA ESCRITÓRIO DE OBRAS
 PAINEL PETI
 MODULAÇÃO DA PLACA: 116cm



TABELA DE ESQUADRIAS

TIPO	QUANT.	TAMANHO (cm)	DESCRIÇÃO
J1		118x120	Alumínio e vidro
J2		232x120	Alumínio e vidro
J3	02	60x60	Alumínio e vidro
P1	09	80x210	Painel PETI 35mm

12. APÊNDICE 3 - PROJETO BÁSICO DE ESCRITÓRIO MODELO ADEQUADO EM CONCRETO LAMINAR



PLANTA ESCRITÓRIO DE OBRAS
CONCRETO LAMINAR
MODULAÇÃO DA PLACA: 200cm e 100cm

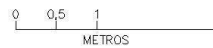
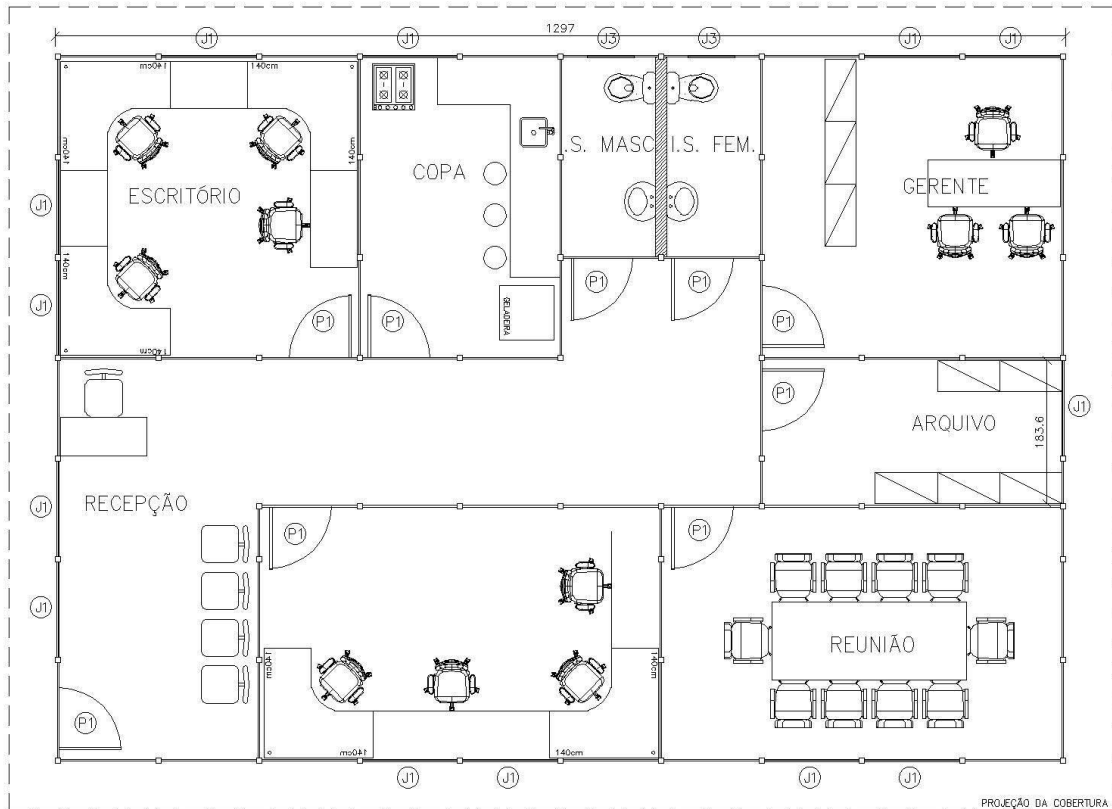


TABELA DE ESQUADRIAS

TIPO	QUNT.	TAMANHO (cm)	DESCRIÇÃO
J1	02	100x120	Alumínio e vidro
J2	05	200x120	Alumínio e vidro
J3	03	60x60	Alumínio e vidro
P1	09	80x210	Prancha de madeira

13. APÊNDICE 4 - PROJETO BÁSICO DE ESCRITÓRIO MODELO ADEQUADO EM OSB



PLANTA ESCRITÓRIO DE OBRAS

OSB
MODULAÇÃO DA PLACA: 122cm

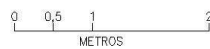
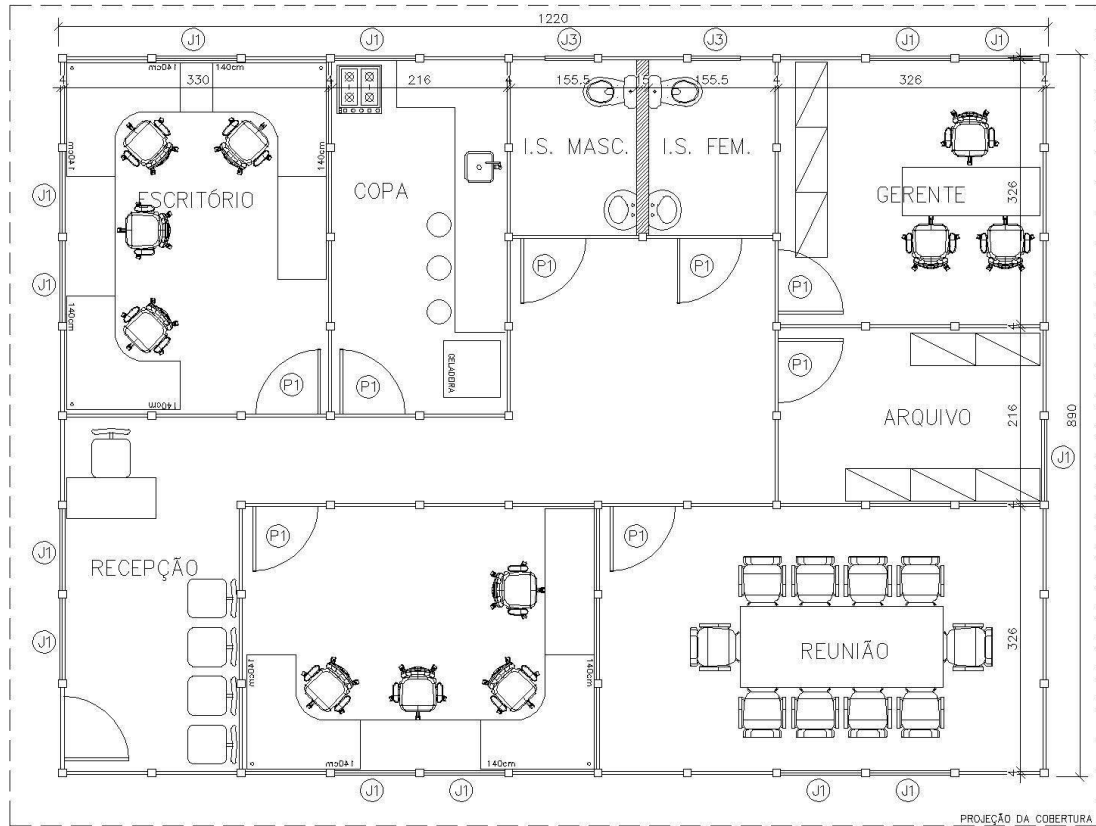


TABELA DE ESQUADRIAS

TIPO	QUANT.	TAMANHO (cm)	DESCRIÇÃO
J1	13	122x120	Madeira e vidro
J3	02	60x60	Madeira e vidro
P1	09	80x210	Prancha de madeira

14. APÊNDICE 5 - PROJETO BÁSICO DE ESCRITÓRIO MODELO ADEQUADO EM ESCAMA DE MADEIRA



PLANTA ESCRITÓRIO DE OBRAS
 ESCAMAS DE MADEIRA
 MODULAÇÃO DA PLACA: 100cm

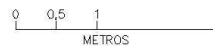


TABELA DE ESQUADRIAS

TIPO	QUANT.	TAMANHO (cm)	DESCRIÇÃO
J1	13	100x120	Madeira e vidro
J3	02	60x60	Madeira e vidro
P1	09	80x210	Prancha de madeira