

Monografia

"A INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO FORMA DE CONTROLE DE QUALIDADE E AUMENTO DE PRODUTIVIDADE"

Autor: Victor Hugo de Barros Cabral

Orientador: Prof. Roberto Rafael Guidugli Filho

Julho/2016

Victor Hugo de Barros Cabral

**" A INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO FORMA DE
CONTROLE DE QUALIDADE E AUMENTO DE PRODUTIVIDADE "**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções

Orientador: Prof. Prof. Roberto Rafael Guidugli Filho

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2016

A minha família e meus amigos, pelo apoio, carinho e
incentivo.

AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas que contribuíram de alguma forma no desenvolvimento deste trabalho, fica expressa aqui minha gratidão, especialmente:

Aos professores Roberto Guidugli e Eduardo Marques me auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho de forma direta com orientações e indireta em suas aulas durante o curso de especialização.

A minha mãe Iza de Barros Cabral que sempre me auxiliou de alguma forma no decorrer deste semestre.

Aos meus colegas de classe pelos auxílios e trocas de experiências.

RESUMO

A indústria da construção civil no Brasil vem passando por diversas mudanças. Dentre estas mudanças esta o advento da construção industrializada, com técnicas, equipamentos, processos e sistemas que são evoluções ou substituições dos métodos tradicionais. Mesmo com o desenvolvimento destas novas tecnologias, os métodos tradicionais ainda ocupam grande parte dos canteiros de obras brasileiros. Porém buscando produtividade, qualidade e racionalização da construção, estes métodos aos poucos podem ganhar maior espaço no mercado. Este trabalho apresenta, analisa e compara alguns dos métodos e equipamentos industrializados que vem sendo mais utilizados na região da cidade de Belo Horizonte – MG.

Palavras-chave: Industrialização da Construção, Racionalização, Qualidade, Certificações, Norma de Desempenho, Produtividade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Importância do tema	12
1.2 Objetivos e Justificativa	15
1.3 Metodologia.....	16
2. INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO	17
2.1 Histórico Brasileiro Recente	17
<i>2.1.1 Certificações de qualidade da construção</i>	18
<i>2.1.2 A Norma de Desempenho</i>	21
<i>2.1.3 Mudanças no processo de construção devido as certificações e a Norma de Desempenho.....</i>	22
2.2 Tipos de Produção Industrializadas.....	23
2.3 Atual Cenário da Construção Civil	24
3. SISTEMAS E EQUIPAMENTOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS	26
3.1. Introdução.....	26
<i>3.1.1. Grua</i>	26
<i>3.1.2. Argamassa para Revestimento Decorativo Monocamada (ARDM)</i>	30
<i>3.1.3. Escoras Metálicas.....</i>	32
<i>3.1.4. Projetor de Argamassa.....</i>	36
<i>3.1.5. Módulos de Banheiro Pré-Fabricados</i>	40
<i>3.1.6. Nível a Laser.....</i>	45
<i>3.1.7. Painéis de Gesso Acartonado</i>	47
4. ESTUDO DE CASO	53
4.1. Sistemas e equipamentos apresentados comparados com suas alternativas tradicionais e com a Norma de Desempenho.....	53

4.2. Método	53
<i>4.2.1. Comparativo com os Requisitos Gerais da Norma de Desempenho</i> .54	
<i>4.2.2. Comparativo de viabilidade econômica</i>	56
4.3. Resultado e comentários	59
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
6. REFERÊNCIAS.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Base de concreto da grua	26
Figura 2: Lança treliçada da grua.....	27
Figura 3: Desenho esquemático da grua	27
Figura 4: Braço menor horizontal com contrapesos de concreto	28
Figura 5: Pistões hidráulicos atuando para criar o vão e em seguida encaixando o módulo	29
Figura 6: ARDM sendo aplicada e em seguida edifício após sua aplicação	30
Figura 7: Possibilidades de textura de acabamento	31
Figura 8: ARDM sendo aplicada em edifícios feitos com blocos de concreto.	32
Figura 9: Croqui de um pontalete metálico extensível.....	33
Figura 10: Escoras metálicas sobre superfície irregular.....	34
Figura 11: Escoras metálicas armazenadas.....	35
Figura 12: Ambiente limpo com as escoras metálicas em uso.....	36
Figura 13: Sistema de vedação e revestimento com argamassa.....	37
Figura 14: Projetor com recipiente acoplado.....	38
Figura 15: Bomba de argamassa.	39
Figura 16: Argamassa sendo projetada	40
Figura 17: Módulos produzidos em série.	41
Figura 18: Módulos de banheiro em concreto armado e drywall.	42
Figura 19: Concretagem e içamento das paredes da célula em concreto armado....	42
Figura 20: Junção e deslocamento das paredes da célula em concreto armado.....	43
Figura 21: Banheiro pronto e em seguida embalado.....	43
Figura 22: Banheiros sendo transportados	44
Figura 23: Grua posicionando o banheiro no “carrinho” e módulo sendo deslocado pelo pavimento	44
Figura 24: Nível a laser posicionado em cima do tripé.....	46
Figura 25: Nível a laser posicionado em cima do tripé.....	46
Figura 26: Chapa resistente ao fogo (RF), chapa hidrófuga (RU) e chapa normal (ST)	47
Figura 27: Execução de drywall em área molhada.....	48

Figura 28: Esquema montagem drywall.	49
Figura 29: Sistema drywall em fase de acabamento	49
Figura 30: Aplicação de isolamento acústico no interior do sistema	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução anual do orçamento geral do MCTI e sua execução entre 2005 e 2015.	13
Gráfico 2: Evolução anual do orçamento para pesquisas e desenvolvimento disponíveis e aplicados pelo MCTI entre 2005 e 2015.	14
Gráfico 3: Nível de certificações do PBQP-H.	20
Gráfico 4: Comparação dos sistemas e equipamentos segundo desempenho geral	56
Gráfico 5: Comparação dos sistemas e equipamentos segundo viabilidade econômica	59
Gráfico 6: Gráficos de requisitos gerais e viabilidade econômica sobrepostos.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Orçamento geral do MCTI e sua execução entre 2011 e 2015 (R\$).	13
Tabela 2: Orçamento para pesquisas e desenvolvimento disponíveis e aplicados pelo MCTI 2011 e 2015 (R\$).	13
Tabela 3: Comparação dos sistemas e equipamentos segundo desempenho geral	56
Tabela 4: Comparação dos sistemas e equipamentos segundo viabilidade econômica	59

LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
ARDM	Argamassa para Revestimento Decorativo Monocamada
BIM	Building Information Modeling
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CDC	Código de Defesa do Consumidor
CNPEM	Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais
EMBRAPII	Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
FNDTCs	Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia
HQE	Haute Qualité Environnementale
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO	International Organization for Standardization
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MEC	Ministério da Educação
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SiAC	Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil
SGQ	Sistema de Gestão de Qualidade
USGBC	United States Green Building Council

1. INTRODUÇÃO

1.1 Importância do tema

Dentre os principais setores econômicos do Brasil, a construção civil se destaca por sua atualização nos últimos anos. Esta atualização se deve ao incentivo do governo em programas de habitação, à maior facilidade de financiamentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias e materiais. Estas novas tecnologias estão sendo aplicadas em novos métodos de construir (novos materiais, sistemas, equipamentos e técnicas construtivas) e em novas formas de planejamento (melhoria na gestão de projetos e da construção). Este desenvolvimento se consolidou com o aumento da demanda de obras devido ao crescimento da população urbana brasileira juntamente com o déficit habitacional existente em nosso país.

Atualmente a maior parte do financiamento no país para pesquisa e desenvolvimento é feita por intermédio do governo, principalmente através do MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação). O MCTI promove incentivos para empresas e pessoas físicas através de diversos programas específicos, ou aplicando, como por exemplo, a Lei do Bem (Lei Federal nº 11.196/05) e a Lei da Inovação (Lei Federal nº 10.973/04), que criaram incentivos fiscais para fomentar pesquisas na área de invocação e tecnologia por pessoas jurídicas. Além de investir dinheiros em projetos e bolsas de estudo através de seus FNDTCs (Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia).

Algumas das organizações vinculadas ao MCTI é o CNPEM (Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais) que é um complexo de pesquisas instalado em Campinas – SP, que possui quatro laboratórios que são referências mundiais e estão abertos à comunidade científica e empresarial e a EMBRAPPII (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial), localizada em Brasília – DF, que tem sua missão de contribuir para o desenvolvimento da inovação na indústria brasileira através de suas colaborações e parcerias com institutos de pesquisa e universidades.

O MCTI conta com grandes verbas do Governo Federal (tabela 1 e gráfico 1) e vem, nos últimos anos, disponibilizando grandes volumes de recursos financeiros

em pesquisas e desenvolvimento (tabela 2 e gráfico 2), sendo que estes recursos disponíveis não estão sendo utilizados em seu total pelas empresas e institutos de pesquisas. Vale ressaltar que nestes dados não contam com um outro grande investimento promovido pelo governo federal através do MEC (Ministério da Educação) e seu programa CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

Ano	Orçamento disponível	Empenhado	Liquidado	Pago
2011	6.060.248.880,04	5.587.307.372,97	5.587.307.373,01	3.623.550.778,31
2012	8.954.316.481,02	6.364.364.466,11	6.364.364.466,12	4.346.566.151,73
2013	10.213.910.124,06	9.087.042.687,30	9.087.042.687,26	5.214.596.811,83
2014	7.761.636.464,99	6.604.063.372,63	6.604.063.372,66	4.348.379.319,34
2015	8.497.821.129,68	1.626.700.438,22	1.199.782.479,96	965.808.893,44

Tabela 1: Orçamento geral do MCTI e sua execução entre 2011 e 2015 (R\$). Fonte: MCTI, Plataforma Aquarius,2015.

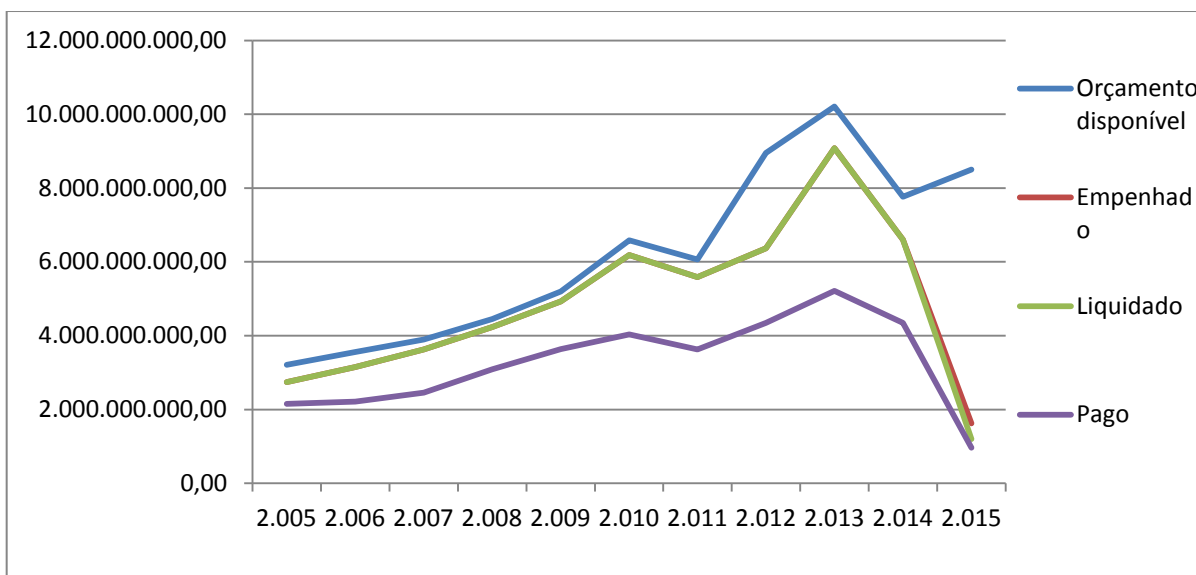


Gráfico 1: Evolução anual do orçamento geral do MCTI e sua execução entre 2005 e 2015. Fonte: MCTI, Plataforma Aquarius,2015.

Ano	Orçamento disponível	Empenhado	Liquidado	Pago
2011	1.588.279.473,01	1.558.214.232,72	1.558.214.232,77	1.096.008.985,45
2012	5.157.260.879,09	3.657.026.713,45	3.657.026.713,47	2.270.617.369,01
2013	6.094.020.685,05	5.226.307.397,37	5.226.307.397,35	3.021.550.705,50
2014	5.865.224.425,04	5.033.276.767,99	5.033.276.767,99	3.285.615.234,53
2015	5.766.744.677,86	1.021.852.700,81	830.673.191,77	616.380.312,59

Tabela 2: Orçamento para pesquisas e desenvolvimento disponíveis e aplicados pelo MCTI 2011 e 2015 (R\$). Fonte: MCTI, Plataforma Aquarius,2015.

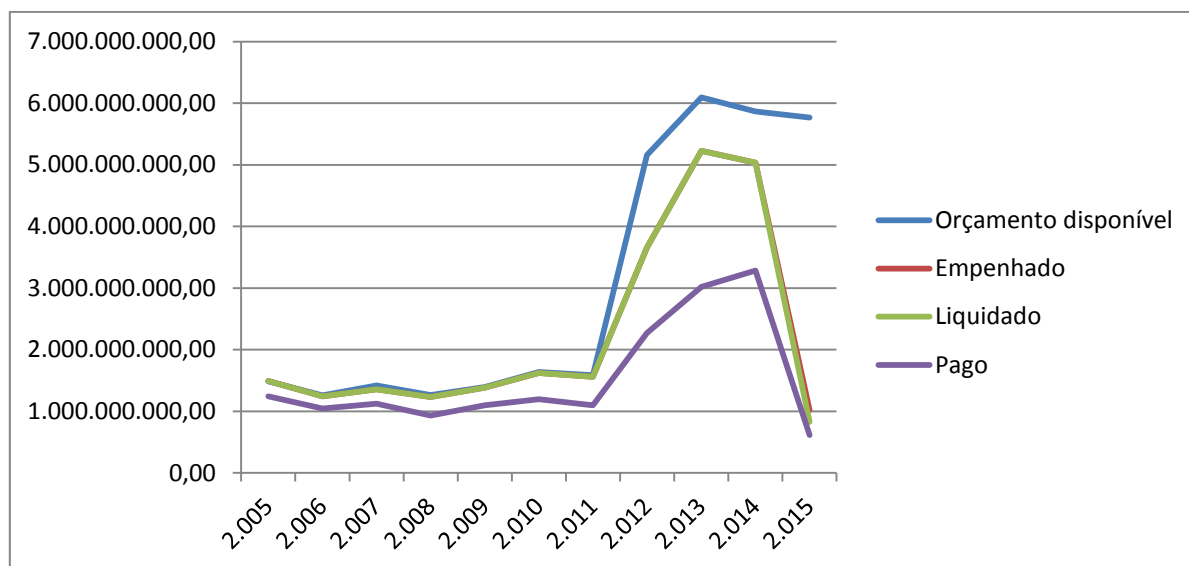


Gráfico 2: Evolução anual do orçamento para pesquisas e desenvolvimento disponíveis e aplicados pelo MCTI entre 2005 e 2015. Fonte: MCTI, Plataforma Aquarius, 2015.

O aumento da demanda da construção civil, evidenciou a separação entre a fase de projeto e a de execução da obra, tornando-se algo recorrente no mercado. Essa separação das áreas de projeto (arquitetura, hidráulica, elétrica, estrutural, etc.) e execução, visa o aumento de produtividade, onde empresas distintas se especializam em determinada disciplina. De acordo com Mikaldo Jr e Scheer (2008) a separação se iniciou por volta da década de 60, época em que surgiu uma forte demanda imobiliária e como consequência surgiram diversas novas empresas, dentre elas alguns escritórios especializados em projetos, com isso a etapa de projeto foi nitidamente separada da etapa de execução. Isso gerou diversos problemas que deveriam ser ajustados mediante a melhor coordenação de projetos e suas compatibilizações, pois o ponto negativo desta separação é a perda da visualização do projeto como um todo, cada empresa responsável começou a focar apenas em sua tarefa e isso pode gerar diversos problemas.

Atualmente a tendência do mercado é a de integração projeto – obra, e para isso, algumas novas tecnologias estão sendo desenvolvidas para a construção civil visando essa integração entre todas as empresas distintas que trabalham em um mesmo projeto. Uma dessas tecnologias em especial foi criada exatamente para a integração das atividades desenvolvidas neste setor, ela é chamada de BIM (*Building Information Modeling* – Modelagem de Informação da Construção), que é uma alternativa para melhorar e integrar as fases de projeto e execução. Esta

integração gera um melhor gerenciamento nesta área, onde o projeto em si e todos seus processos relacionados (até a própria execução) devem ser feitos de maneira integrada, ou seja, mesmo que cada etapa do projeto/obra for feito por um determinado grupo, há uma maior integração e melhor comunicação entre os participantes do empreendimento. Para um projeto ser eficiente e racional deve-se haver uma boa integração entre a equipe de profissionais e suas respectivas tarefas, abrangendo desde a concepção do projeto até a sua execução, gerando assim um maior tempo de gestão e planejamento na fase inicial de projeto, diminuindo esforços na parte de compatibilização e evitando qualquer tipo de interferência ou soluções “in loco” na fase de execução.

Juntamente com a tecnologia BIM, a construção civil está passando para um esquema de industrialização, sendo desenvolvidos e certificados diversos novos sistemas construtivos, materiais e equipamentos que racionalizam o processo de obra, aumentando a produtividade, evitando desperdícios e melhorando a qualidade no produto final, sendo em partes um processo padronizado. Porém, observa-se que essas novas tecnologias ainda estão em processo de implantação na Construção Civil.

1.2 Objetivos e Justificativa

Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo sobre os principais métodos construtivos atualmente aplicados na cidade de Belo Horizonte-MG e região, exemplificando as alternativas dentro do ramo da industrialização já disponíveis no mercado local. Este estudo comparativo entre os métodos tradicionais e as novas tecnologias visa explicar e compreender os prós e contras destes métodos de construir, visando principalmente a funcionalidade, a qualidade, a produtividade e a racionalização da construção.

O tema foi escolhido visto que o setor da construção civil enfrenta dificuldades para absorver novas tecnologias, pois mesmo com o surgimento de processos e equipamentos modernos, que visam a melhora do setor, eles são pouco difundidos, sendo difícil até mesmo encontrar mão de obra qualificada para emprego dos mesmos. Porém esta forma de construir vem buscando uma brecha no mercado,

tendo em vista que as empresas buscam a racionalização da construção e um aumento da produtividade, sem que percam no quesito qualidade.

Devido a natureza ampla das formas de industrialização da construção, este trabalho terá foco nos materiais e equipamentos que contribuam para a racionalização da construção e que podem ser aplicados em diferentes etapas de uma obra, ou seja, materiais e equipamentos que ajudem na racionalização da construção, dos quais são utilizados para substituírem alguns métodos e materiais comumente utilizados.

1.3 Metodologia

A presente monografia partiu de comparações entre desenvolvimento de setores econômicos como a indústria automobilística e a construção civil, tendo como conhecimento prévio a forte onda de industrialização aplicadas em grandes construções ao redor do mundo, como na China, Japão e Alemanha.

Visto como a construção civil brasileira está atrasada em comparação com alguns países desenvolvidos, esta pesquisa parte da levantamentos bibliográficos para entender como esta ocorrendo a industrialização da construção e analisar a substituição de métodos convencionais na construção por suas alternativas industrializadas.

A partir deste estudo de análise, será montado um comparativo de métodos e processos que atualmente existem na região de Belo Horizonte-MG, mostrando suas vantagens e desvantagens e também abordando a primeira parte da Norma de Desempenho (ABNT NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho). Este comparativo servirá como base para a montagem de gráficos e tabelas mostrando a viabilidade dos métodos e equipamentos citados neste trabalho.

A escolha de focar esta pesquisa em materiais e equipamentos que racionalizam a construção individualmente é proposta para afirmar de forma objetiva e dentro da realidade do mercado local o emprego destes novos processos.

2. INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

2.1 Histórico Brasileiro Recente

Em nosso país as transformações na forma de construir nas últimas décadas não são tão significativas no ramo industrial se comparadas a outros setores econômicos como a indústria automobilística, porém nas últimas décadas o cenário econômico e mudanças de posturas culturais e sócio ambientais estão abrindo brechas para permitir essas mudanças na indústria da construção civil.

A inovação tecnológica no setor segundo diversos autores é uma estratégia competitiva das empresas, sendo que no final da década de 80 a mudança da economia brasileira gerou uma queda do financiamento estatal, sendo assim o mercado teve que se adaptar com menores preços e menores margens de lucro, motivando o setor a procurar novas tecnologias para racionalização do setor e tentar aumentar o lucro (AMORIM,1999).

Nesta mesma época houveram outras mudanças no âmbito social do Brasil, com a promulgação do Código de Defesa do Consumidor (CDC), favorecendo o usuário do produto final da construção civil e fazendo a indústria do setor questionar seu atraso e buscar novas tecnologias e processos. (ARO; AMORIM, 2004).

Para Martins e Barros (2003), no Brasil esta inovação tomou ainda mais força com a abertura do mercado na década de 90, onde diversas grandes empresas internacionais se estabeleceram no país diretamente ou como associações com empresas nacionais, trazendo consigo novas tecnologias, processos construtivos e equipamentos.

Em diversas pesquisas feitas a partir do final da década de 90, pode-se constatar a grande variedade de materiais, ferramentas e processos novos disponíveis no mercado, que segundo Oliveira (1999) estão sendo aplicadas gradativamente no canteiro de obras. Estes procedimentos estão contribuindo para uma melhora de qualidade e reduzindo o desperdício de materiais, porém nessa pesquisa foram avaliados apenas equipamentos e materiais novos que são mais simples de se utilizar e que não exigem grandes investimentos para a adoção do processo.

2.1.1 Certificações de qualidade da construção

As certificações de qualidade da construção existem desde a década de 80, onde estas visavam principalmente a satisfação do cliente. Já no início dos anos 90 este enfoque visou principalmente a segurança, saúde e meio ambiente. Por fim, já na transição do século XIX para o XX, começou-se direcionar estas certificações para aspectos presentes em sistemas de gestão (SJØHOLT, 2000 apud MELHADO, 2001).

Segundo Silva e Miura (2014), estas certificações ganharam força de acordo com que o mercado se tornou mais competitivo, pois estas certificações e a melhoria que elas trazem para a empresa se tornam um diferencial competitivo do mercado. Um dos padrões de certificação com SGQ (Sistema de Gestão de Qualidade) amplamente adotado atualmente é o da ISO 9001. Este padrão foi criado pela ISO (*International Organization for Standardization* – Organização Internacional de Padronização), organização com sede na Suíça, visando estabelecer critérios mínimos e padrões para implementação de SGQs, garantindo a qualidade e a padronização. A norma ISO 9001: Sistemas de Gestão de Qualidade – Requisitos orienta e certifica o sistema de gestão implementado pelas empresas, ou seja, ela não avalia somente os bens produzidos, mas sim o sistema e processo utilizado pelas organizações em diversos setores do mercado.

Os principais objetivos do SGQ da ISO 9001 segundo Marin (2012) são:

- Atender aos requisitos do cliente com o objetivo de aumentar sua satisfação;
- Obter uma visão da organização utilizando a abordagem de processos;
- Assegurar a melhoria contínua do processo;
- Medir e avaliar os resultados do desempenho e eficácia do processo;
- Monitorar continuamente a satisfação dos clientes.

A certificação de um SGQ ISO 9001 é feita por meio de auditoria, no Brasil a organização que é reconhecida pela ISO é o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia). Esta certificação tem validade de três anos sendo que anualmente o INMETRO fará nova auditoria na empresa. Uma empresa ou organização certificada pela ISO 9001 passa a ter um diferencial competitivo no

mercado, é como um atestado de reconhecimento internacional de qualidade e segundo a norma, esse certificado representa:

- Melhoria do desempenho do produto/serviço, gerando maior satisfação do consumidor;
- Planejamento e controle de forma sistemática das rotinas de trabalho (padronização e definição de responsabilidades), eliminando retrabalhos e dando mais agilidade aos processos;
- Redução de custos, devido a maior produtividade;
- Melhora da comunicação, da moral e da satisfação dos colaboradores no trabalho;
- Aumento das oportunidades de mercado, já que muitas empresas priorizam a compra de fornecedores que têm o certificado ISO 9001;
- Melhora a imagem da empresa;
- Redução de riscos (os investimentos são mais seguros, uma vez que os processos são mais organizados e direcionados para melhor posicionamento) e melhorar a relação com fornecedores e investidores;
- Desenvolvimento de fornecedores: o reflexo da certificação sobre os fornecedores é notável, e eles passam a submeter-se a especificações mais precisas e parâmetros de qualidade mais rígidos.

Como toda norma, a ISO 9001 sofre revisões regularmente, atualmente a norma em vigor é a ISO 9001:2015, uma atualização da ISO 9001:2008. Esta atualização veio para suprir os mais diversos segmentos dos mais variados tamanhos (visto que anteriormente era focada principalmente em indústrias de grande porte). Esta mudança traz uma norma mais moderna, com uma linguagem simplificada, adequada ao mercado atual onde a qualidade do produto e a satisfação do cliente são pontos imprescindíveis para as organizações.

No contexto brasileiro e focado na construção civil foi criado o PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat) que é um SGQ feito pelo Governo Federal visando aumentar a qualidade e modernizar a produtividade na construção civil do país. O programa conta com o SiAC (Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil) para avaliar o

SGQ de empresas do setor da construção baseando-se nas normas ISO 9000 (Ministério das Cidades, 2012).

O Sistema busca contribuir para a evolução dos patamares de qualidade do setor, envolvendo especialidades técnicas de execução de obras, serviços especializados de execução de obras, gerenciamento de obras e de empreendimentos e elaboração de projetos (Ministério das Cidades, 2012).

A adesão ao programa é livre para as empresas, porém a empresa que possui selo PBQP-H, além de usufruir dos prós de confiança e qualidade como os adquiridos com a ISO 9001, ela se enquadra em muitos programas de financiamento e acesso de recursos do governo, pois estes estão exigindo que as empresas se adequem ao selo, como o programa Minha Casa, Minhas Vida.

O sistema de avaliação é semelhante ao da ISO 9001, porém é mais abrangente, onde a empresa recebe avaliações de A a D (gráfico 3). O nível mais baixo denominado PBQP-H D é apenas uma declaração de adesão, onde a empresa deve implementar e documentar os requisitos de adesão ao programa e enviá-los como manual de qualidade à Secretaria Executiva do programa. Para se obter as certificações (comumente chamadas de selos) C, B ou A a empresa deve cumprir uma série de requisitos e após passar por uma auditoria externa por organismo certificador credenciado junto ao INMETRO, recebe finalmente a certificação. Como dito anteriormente, a certificação do SiAC para o PBQP-H foi baseada na ISO 9001, com isso, ao se alcançar a certificação nível A, a empresa também está de conformes com a ISO 9001, podendo conseguir este outro certificado.

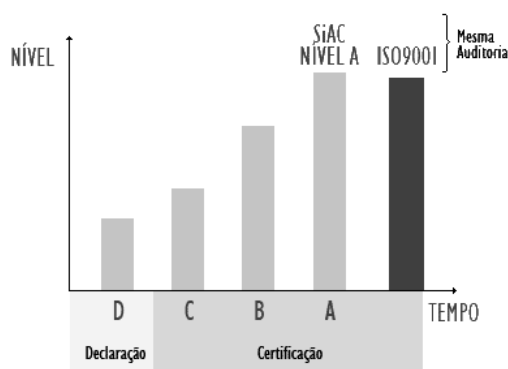


Gráfico 3: Nível de certificações do PBQP-H. Fonte: SINDUSCON-JP.

Além destas certificações, existem outras também baseadas em SGE na construção civil focadas na sustentabilidade no ramo, como algumas citadas abaixo:

- AQUA - Alta Qualidade Ambiental: é uma adaptação do certificado francês HQE (Haute Qualité Environnementale) com a meta de incentivar a criação de novos empreendimentos com uma qualidade ambiental mínima e promover a reabilitação de empreendimentos já existentes.
- Selo Casa Azul: classificação feita pela Caixa Econômica Federal visando a classificação socioambiental de projetos habitacionais. Visa diversos critérios e após avaliação do empreendimento ele pode receber o Selo Casa Azul em três níveis (bronze, prata e ouro).
- LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*: certificação desenvolvida pela USGBC (*United States Green Building Council* – Conselho de Construção Verde dos Estados Unidos) amplamente difundida no mundo buscando edifícios com alta performance e sustentáveis. Possui um sistema de pontuação onde o empreendimento ganha o selo LEED em três níveis (bronze, prata e ouro).

2.1.2 A Norma de Desempenho

Em julho de 2013 entrou em vigor a ABNT NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho, popularmente chamada de Norma de Desempenho. Esta norma veio para contribuir para a modernização tecnológica da construção brasileira, além de garantir um padrão mínimo de qualidade e direitos para o consumidor final, ou seja, o morador. A norma estabelece níveis de conforto (acústico, tátil, antropodinâmico e térmico), estabilidade, vida útil adequada da edificação, segurança estrutural, contra incêndios, níveis de estanqueidade e fatores de uso e operação. A Norma de Desempenho é composta por seis partes:

- Parte 1 – Requisitos gerais: esta parte funciona como um índice, com informações de natureza geral para todas as edificações e serve como referências para as demais partes da norma.
- Parte 2 – Requisitos para os sistemas estruturais: são definidos critérios mínimos para que não ocorra o comprometimento dos sistemas estruturais,

sendo que as principais diretrizes continuam sendo das normas estruturais já existentes.

- Parte 3 – Requisitos para os sistemas de piso: especifica desempenho de pisos internos e externos, bem como suas relações com outros componentes da edificação e sua devida estanqueidade.
- Parte 4 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas: determina desempenhos de segurança e conforto para todos os tipos de vedações verticais, desde fachadas a paredes internas.
- Parte 5 – Requisitos para os sistemas de cobertura: como na parte 2 da norma, esta parte enfatiza as normas existentes para sistemas de cobertura, além de acrescentar determinados quesitos como segurança contra incêndio e conforto térmico e acústico.
- Parte 6 – Requisitos para os sistemas hidrossanitários: salienta as normas já existentes de sistemas hidrossanitários, além de estimular o reuso da água e determinar requisitos para conforto acústico.

Com os parâmetros existentes nas seis partes da norma, com objetivos e quantitativos sendo agora exigidos, o desempenho da edificação fica em evidencia e começa-se a ter uma mudança no mercado na forma de projetar e construir. Agora os empreendimentos devem atingir certos objetivos mínimos de desempenho e para isso atingi-los, deve-se melhorar a qualidade e a forma de construir. Avaliar o desempenho dos sistemas construtivos é um avanço para o setor da construção civil e constitui um caminho que obrigatoriamente os empreendedores devem seguir.

Com essa necessidade atual de comprovação de um desempenho mínimo nas edificações, os construtores e projetistas devem rever sua forma de processo e produção, para assim conseguir uma garantia de qualidade mínima exigida pela Norma de Desempenho.

2.1.3 Mudanças no processo de construção devido as certificações e a Norma de Desempenho

A evolução das certificações e o advento da Norma de Desempenho estão mudando os processos de projetar e construir, pois agora o consumidor final têm

parâmetros para se basear e avaliar seu produto. Para cumprir a norma e conseguir os selos de qualidade em um empreendimento, se deve buscar o disciplinamento e integração entre construtores, projetistas e fornecedores, diminuindo incertezas comuns da construção civil.

Segundo Shin (2016), a Norma de Desempenho possui um papel de balizadora no mercado da construção civil, pois faz com que as empresas sejam obrigadas a se adequarem a um processo de qualidade mínimo. Apesar de algumas certificações existirem a mais tempo, a norma que vem com um papel forte no sentido de melhorar a forma de construir, gerando mais segurança, durabilidade e conforto.

(...) a cultura “arcaica” dos principais agentes do setor, a fragmentação de atividades ao longo do empreendimento, o emprego de métodos de gestão ultrapassados e a incapacidade de antecipar a influência das variações econômicas, sociais e climáticas seriam, sem dúvida, alguns dos fatores desse fraco desempenho da indústria da construção. (MELHADO, 2001)

O desempenho da indústria da construção é frequentemente criticado pelos seus níveis de eficiência baixos, que alguns afirmam serem inferiores aos da indústria de transformação. Com estas “novas” premissas presentes no setor, uma das alternativas para as empresas se enquadrarem as regras e padrões é a da racionalização e conseqüentemente a industrialização de parte da construção, pois essas mudanças exigem investimentos de capital e se este capital não for aplicado de forma adequada, irá reduzir os lucros dos empreendedores.

2.2 Tipos de Produção Industrializadas

Ao abordar as técnicas e os setores da Construção Civil Industrializada, elas podem ser divididas em duas grandes áreas: Sistemas Construtivos Industrializados e Materiais e Equipamentos de Racionalização da Construção.

- **Sistemas Construtivos Industrializados:**

Como o nome diz é um sistema composto por diversas etapas, abrangendo todas as fases de projeto e obra. Exige bastante planejamento e extrema comunicação entre as partes envolvidas. Exemplos: estrutura metálica, *light steel frame*, *wood frame*, pré-fabricados em concreto

- **Materiais e Equipamentos de Racionalização da Construção:**

Técnicas, processos e equipamentos que podem ser aplicados na fase de obras de maneira simples (tendo sido previstos ou não na fase de projeto). Maior facilidade de introdução destes itens dentro de uma empresa, pois eles não necessariamente compreendem todas as etapas de obra. Exemplos: grua, formas metálicas, elementos pré-fabricados, etc.

Visto previamente que ambas as áreas são amplas e podem ou não se comunicar, este presente trabalho como dito anteriormente esta focado em Materiais e Equipamentos de Racionalização da Construção.

2.3 Atual Cenário da Construção Civil

Com a atual crise política brasileira e conseqüentemente queda em diversos setores econômicos, a construção civil não ficou de fora. Hoje ela vive um atual momento de transição bem parecido com o diagnosticado por Santos e Faria Filhos (1998) no final da década de 90, onde foi constatado que a indústria da construção civil deve atentar a três questões:

- melhoria da qualidade dos produtos finais;
- a modernização tecnológica e racionalização de processos
- desenvolvimento de inovações tecnológicas

Estes tópicos devem ser levados em consideração principalmente pela forte concorrência atual e de acordo com Francklin Junior e Amaral (2008), o cenário atual pede mudanças. onde empresas estão entrando cada vez mais em falência, as construções não apresentam uma boa qualidade de forma geral e o mais importante que é o aumento das exigências feitas pelos clientes. Atualmente esta em vigor pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a NBR 15.575: Edificações Habitacionais - Desempenho , que trata de requisitos mínimos para conforto, qualidade, durabilidade, segurança e outros itens importantes para os usuários das construções civis.

Com a Norma de Desempenho em vigor, existe agora uma necessidade de comprovação de um desempenho mínimo nas edificações, como uma garantia de

qualidade mínima. Para atingir estes objetivos, processos industrializados são grandes ferramentas para melhoria do produto final, com a união da racionalização e padronização de métodos construtivos. Os construtores tendem agora pela competição deixar de serem conservadores e investir nestas novas tecnologias e o cenário se encontra favorável para essas soluções.

Pensando nas inovações tecnológicas, atualmente, encontramos à disposição dos técnicos projetistas (arquitetos e engenheiros), meios de equacionar melhor a questão dos custos e diminuir as perdas. A cadeia de fornecedores disponibiliza elementos que, somados e bem elaborados ainda na fase projetual, são de relevância para a otimização e racionalização construtiva e, como consequência, para a melhoria da qualidade. (FRANCKLIN JR e AMARAL,2008)

3. SISTEMAS E EQUIPAMENTOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS

3.1. Introdução

Diversos sistemas e equipamentos construtivos industrializados já estão disponíveis na região de Belo Horizonte – MG. Este capítulo visa a apresentação de alguns destes sistemas e equipamentos mais difundidos no setor e que são considerados um aperfeiçoamento ou evolução de técnicas e equipamentos convencionais. Todos os itens abordados neste capítulo visam o aumento de produtividade, de qualidade e racionalizando de parte da construção.

3.1.1. Grua

Indicadas para obras de grande porte, as gruas são guindastes de torre que realizam transporte vertical e horizontal de grandes cargas por meio de elevação e rotação de sua estrutura horizontal, permitindo o aumento de produtividade em obras. A grua é constituída por grandes módulos de encaixe pré-fabricados em estrutura metálica treliçada e constitui por quatro partes principais:

- Base: é a parte que suporta o guindaste, é fixada em uma grande base sólida de concreto (figura 1). Para que o equipamento se manter estável, são embutidos grandes chumbadores no concreto. Pode ser fixa ou móvel, dependendo do tipo de grua.



Figura 1: Base de concreto da grua. Fonte: Blog Engenharia Estrutural e Construção Civil, 2012.

- Mastro: é a parte que dá a altura para o guindaste. Composta por módulos prontos que são encaixados e parafusados até atingir a altura desejada.
- Lança: estrutura horizontal que suporta o peso das cargas e é dotada de equipamento móvel com roldanas chamado de trole (figura 2). O trole corre ao longo da lança e conta com cabos e o gancho para içar e movimentar as cargas (figura 3). A lança realiza movimentos circulares em torno do mastro, o trole movimentos horizontais ao longo da lança e por sua vez o gancho movimentos verticais.



Figura 2: Lança treliçada da grua. Fonte: Blog Engenharia Estrutural e Construção Civil, 2012.

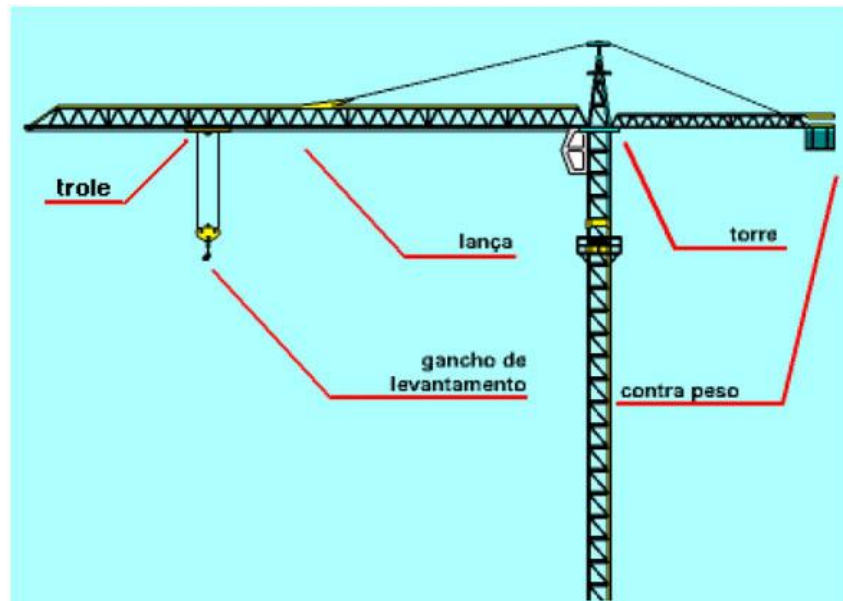


Figura 3: Desenho esquemático da grua. Fonte: Portal Met@lica Construção Civil.

- Braço menor horizontal: continuação da lança após o mastro, sendo uma estrutura horizontal onde são colocados contrapesos de concreto para balancear o peso que a grua irá içar (figura 4). Também a parte onde se localiza o motor e sistema eletrônico da grua.



Figura 4: Braço menor horizontal com contrapesos de concreto. Fonte: Blog Engenharia Estrutural e Construção Civil, 2012.

Este equipamento pode chegar até 80 metros de altura sem carga, se escorar a grua na construção, esta altura pode ser aumentada. O alcance horizontal varia de 20 a 70 metros e o equipamento pode suportar cerca de toneladas.

A montagem do equipamento é feita através de um guindaste móvel, onde o braço menor horizontal e a lança são encaixados em um mastro de 12 metros de altura já fixado na base. A altura do mastro é aumentada com o encaixe de mais módulos de 6 metros por vez, para isso deve-se estabilizar o equipamento erguendo certo peso na lança e contrabalanceando-o no braço menor horizontal, após isso, a unidade central giratória é solta da estrutura e pistões hidráulicos já existentes na grua erguem a parte solta cerca de 6 metros, criando um vão, o próprio equipamento iça mais um módulo de 6 metros de mastro e encaixa no vão, aumentando assim a altura final do mastro (figura 5). Repete-se o processo até atingir a altura desejada.



Figura 5: Pistões hidráulicos atuando para criar o vão e em seguida encaixando o módulo. Fonte: Blog Engenharia Estrutural e Construção Civil, 2012.

A grua atende a exigências de transporte em curto prazo, porém necessita de um planejamento prévio dos recebimentos e movimentações das cargas e materiais, além do planejamento do canteiro de obras para melhor aproveitamento. Este equipamento diminui os prazos das obras e Mão de obra, aumentando velocidade e produtividade no transporte de materiais.

De acordo com o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) a grua virou símbolo de obras grandiosas, dissociando-se de obras pequenas e médias, considerada até uma “extravagância”. Para fazer o cálculo da viabilidade do equipamento, deve se substituir o custo de diversos equipamentos, mão de obra e tempo utilizados para içamento e transporte de materiais. A melhor forma de saber se ela será viável ou não é elaborando um projeto de canteiro de obras com logística, transportes internos, pontos de recebimento de materiais e acessos a obra. Com este projeto em mãos, pode-se determinar a eficiência da grua na movimentações dos materiais e analisar a produtividade, perda de materiais e velocidade de execução. Não se pode determinar generalizações como o quanto de trabalhadores a grua ira substituir, pois cada canteiro é único, mas deve-se levar em

consideração os itens que receberão o auxílio da grua, além de que este equipamento não ocupa tanto espaço no canteiro de obras como guindastes e caminhões.

3.1.2. Argamassa para Revestimento Decorativo Monocamada (ARDM)

A ARDM (Argamassa para Revestimento Decorativo Monocamada) é um tipo de revestimento mineral, à base de aglomerantes hidráulicos e polímeros com pigmentos incorporados, sendo considerado uma massa única industrializada monolítica. Uma de suas características básicas é a impermeabilidade com relação a água, pois em sua fórmula há hidrofugantes. A argamassa em questão consiste em um material em pó, formado de uma mistura homogênea de cimento branco estrutural, agregado leve de diâmetro máximo de 1,2 mm, cal hidratada, pigmentos minerais inorgânicos, retentor de água, incorporador de ar, fungicidas e plastificantes (a quantidade de cada material varia de acordo com os fabricantes). Para a preparação para o uso é necessário a mistura com água, resultando em uma argamassa pronta para aplicação (figura 6).



Figura 6: ARDM sendo aplicada e em seguida edifício após sua aplicação. Fonte: Portal AECweb.

Para a aplicação deve-se primeiro preparar o substrato, ele deve ter elevada regularidade superficial, sendo que os pontos onde não existe esse nivelamento exigem a aplicação de argamassa reguladora. Também é necessário fazer uma limpeza cuidadosa no substrato, eliminando produtos químicos e que podem afetar o desempenho do revestimento. A aplicação é feita diretamente sobre a superfície (recomenda-se a aplicação de chapisco apenas se o substrato for estrutura de concreto ou superfícies extremamente lisas, com pequena capacidade de sucção) e deve ser feita logo após a mistura, em uma temperatura ambiente entre 8°C e 35°C,

evitando a aplicação em dias chuvosos. A argamassa é pode ser aplicada manualmente ou projetada com máquinas apropriadas, feita em uma ou duas camadas, onde a espessura final deve ficar entre 13 a 30mm. O produto também permite algumas possibilidades de texturas, como flocado, raspado e travertino (figura 7), além de contar com diversas cores.



Figura 7: Possibilidades de textura de acabamento. Fonte Portal Técnica.

Para diferentes substratos existem diferentes tipos de ARDM, sendo que os fabricantes brasileiros deste produto indicam a aplicação sobre blocos de concreto (figura 8), cerâmicos ou sobre estruturas de concreto armado. Não é indicada a aplicação sobre blocos de silico-calcarios, concreto celular, superfícies pintadas, plásticas, metálicas, gesso, além de regiões com baixa resistência mecânica, superfícies horizontais e em áreas com muita umidade. O produto também permite a aplicação sobreposta, para criação de detalhes arquitetônicos como molduras, almofadas e cornijas. A aplicação também deve ser planejada para que o resultado final seja homogêneo, ou seja, planejar panos de aplicação contínuos para evitar diferenças finais nas cores e texturas. Em regiões com maiores tensões como vergas e encontros de alvenaria e laje, recomenda a aplicação de uma tela de poliéster revestida para aliviando tensões e diminuir risco de fissuras



Figura 8: ARDM sendo aplicada em edifícios feitos com blocos de concreto. Fonte Portal AECweb.

O principal objetivo da ARDM é a economia de tempo, produtos e mão de obra, pois o seu uso consegue eliminar algumas fases de acabamento. A utilização correta deste produto substitui as etapas de revestimentos tradicionais (chapisco, emboço e reboco), pois sua aplicação serve de proteção para a estrutura e acabamento final, sendo que assim o tempo de passagem e cura dessas etapas é economizado. Para melhor desempenho e racionalização da ARDM, necessita-se de um projeto específico que deve conter as especificações do revestimento, a logística da produção, a forma de aplicação, espessura do revestimento e os detalhes construtivos que visam a proteção da edificação como (rufos, frisos e pingadeiras),

3.1.3. Escoras Metálicas

O escoramento é parte importante do planejamento e execução de uma edificação, sendo necessário sua execução na maioria dos sistemas construtivos - atualmente apenas alguns sistemas construtivos industrializados não necessitam de escoramento -, tornando o uso das escoras indispensável em uma obra. Um dos pontos mais importantes em se levar em conta para o tipo de escoramento em uma

obra é a segurança e qualidade do material, para que o mesmo cumpra as funções planejadas para a concretagem, trabalhando juntamente com as fôrmas. Segundo Farinha (2005), os sistemas de escoramentos devem desempenhar bem suas funções de suportar as cargas e ao mesmo tempo ter facilidade de armazenagem, montagem, desmontagem e transporte.

As escoras metálicas são equipamentos utilizados para escorar provisoriamente estruturas na construção civil, como vigas e lajes. Cada escora é composta por um pontalite tubular extensível (figura 9) e com uma base formada de chapas soldadas trabalhando como calço, melhorando sua estabilidade. Algumas possuem no topo outra chapa soldada servindo de apoio para as fôrmas. Assim como qualquer tipo de escora, as do tipo metálica também exigem para bom desempenho estarem totalmente apuradas, com as cargas centradas e necessitam da utilização de placas de apoio e nivelamento ao serem usadas em superfícies irregulares (figura 10).

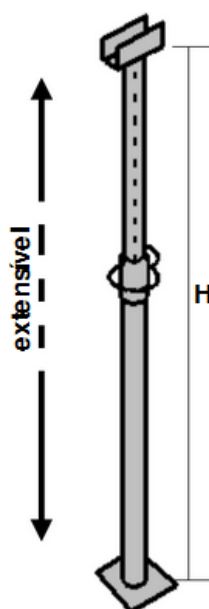


Figura 9: Croqui de um pontalite metálico extensível. Fonte: Portal C3 Equipamentos.



Figura 10: Escoras metálicas sobre superfície irregular. Fonte: Portal C3 Equipamentos.

Devido as suas propriedades químicas e físicas, as escoras metálicas permitem agilizar o processo de concretagem das lajes, pois as mesma são leves, de rápida montagem e podem ser reutilizadas por anos, racionalizando a construção. Um aspecto positivo neste material é que eles passam por um rigoroso processo de qualidade, sendo que cada escora suportará o peso indicado pelo fabricante (existem diversas escoras metálicas para diferentes padrões de construção, sendo que alguns fabricantes confeccionam algumas especiais para obras com maior complexidade na fase de concretagem), garantindo a segurança, evitando acidentes e aumentando a qualidade da obra com o uso correto do material (figura 11). O apoio delas às estruturas é preciso, permitindo um nivelamento adequado. Devido a esta precisão, qualidade, fácil montagem e desmontagem (o escoramento e reescoramento é feito em uma velocidade maior que os feitos com barrotes de madeira) deste sistema, o benefício maior é a economia de tempo, visto que os escoramentos geralmente definem o ritmo de uma obra.



Figura 11: Escoras metálicas armazenadas. Fonte: Portal C3 Equipamentos.

Uma das grandes diferenças enfrentadas como “desvantagem” pelos construtores que continuam adotando escoramento de madeira em suas obras é o preço elevado das escoras metálicas. Porém diversos fabricantes atualmente não apenas vendem escoras, eles também as alugam, criando assim um mercado para o pequeno construtor. E a diferença de preço entre esses dois tipos de escoras acaba sendo diminuída para grandes construtores, devido a economia de tempo e a característica da boa reutilização das escoras e sendo ajustáveis, podendo utilizá-las em diversas obras, tendo apenas um grande investimento inicial. O escoramento metálico (figura 12) substitui vantajosamente a madeira nas obras pois possibilita redução de resíduos e uma prática mais sustentável.



Figura 12: Ambiente limpo com as escoras metálicas em uso. Fonte: Portal Sistema de Armazenagem.

3.1.4. Projetor de Argamassa

O uso de revestimentos com argamassa são amplamente aplicados no Brasil (figura 13), porém constata-se que na etapa de mistura e execução do produto ocorre grande desperdício, alta variabilidade da mistura e baixa produtividade. A aplicação de argamassa na construção ainda depende muito de sua mão de obra, a falta de uma racionalização, gestão e planejamento desta etapa acaba causando altos níveis de variabilidade na produção, gerando atrasos e até mesmo futuras patologias causadas pela mistura e aplicação inadequada do material (PARAVISI, 2008).

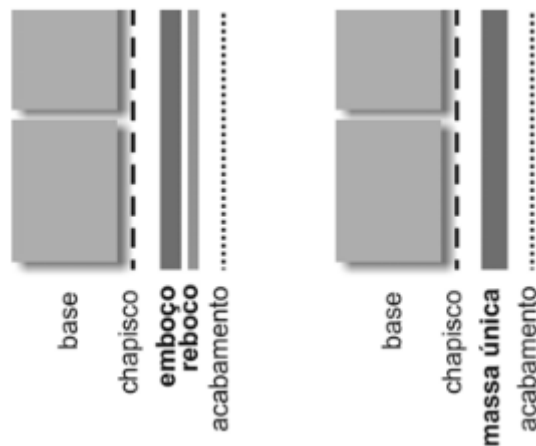


Figura 13: Sistema de vedação e revestimento com argamassa. Fonte: PARAVISI, 2008.

Segundo Paravisi (2008), a baixa qualidade e produtividade existentes nos processos tradicionais de produção e aplicação de argamassa, mesmo com diversos estudos sobre as técnicas de fabricação e comportamento do material, é um indicador de que a solução para um melhor desempenho nesta etapa da construção têm muito mais haver com os processos para mistura e aplicação do que com as características do próprio material. A mecanização deste processo com a utilização de projetores de argamassa podem melhorar a qualidade do produto final (possuindo menor variabilidade de aplicação) e gerar economia de tempo.

Para a aplicação mecânica de argamassa são empregadas bombas e pistolas para a projeção da mistura. Este método admite a utilização de diversos tipos de argamassa (feitas em obra ou industrializadas), porém cada tipo de material e substrato exigem uma maior organização e mão de obra qualificada para o bom desempenho do resultado final com o projetor.

No Brasil, pelos registros disponíveis, as primeiras tentativas de utilização de equipamentos de projeção de argamassa ocorreram por volta da década de 70, no estado de São Paulo. Essas tentativas de implantar um sistema com projeção mecânica de argamassa não obtiveram sucesso na época, pois faltava reinamento da mão de obra e adaptações na gestão do canteiro de obras. (PARAVISI, 2008 apud RESCENCIO et al., 2000)

Atualmente no Brasil são mais utilizados dois tipos de projetores de argamassa, exemplificados abaixo:

- Projetor com recipiente acoplado: equipamento mais simples onde se coloca a argamassa no recipiente acoplado de forma manual (figura 14). É utilizado

um compressor de ar comprimido diretamente no recipiente para propulsionar a aplicação do material à base. O equipamento não armazena grandes quantidades de argamassa e carregado apresenta um peso considerável, dificultando e limitando a aplicação. Este equipamento mecaniza apenas o processo de aplicação, não funciona como misturador.

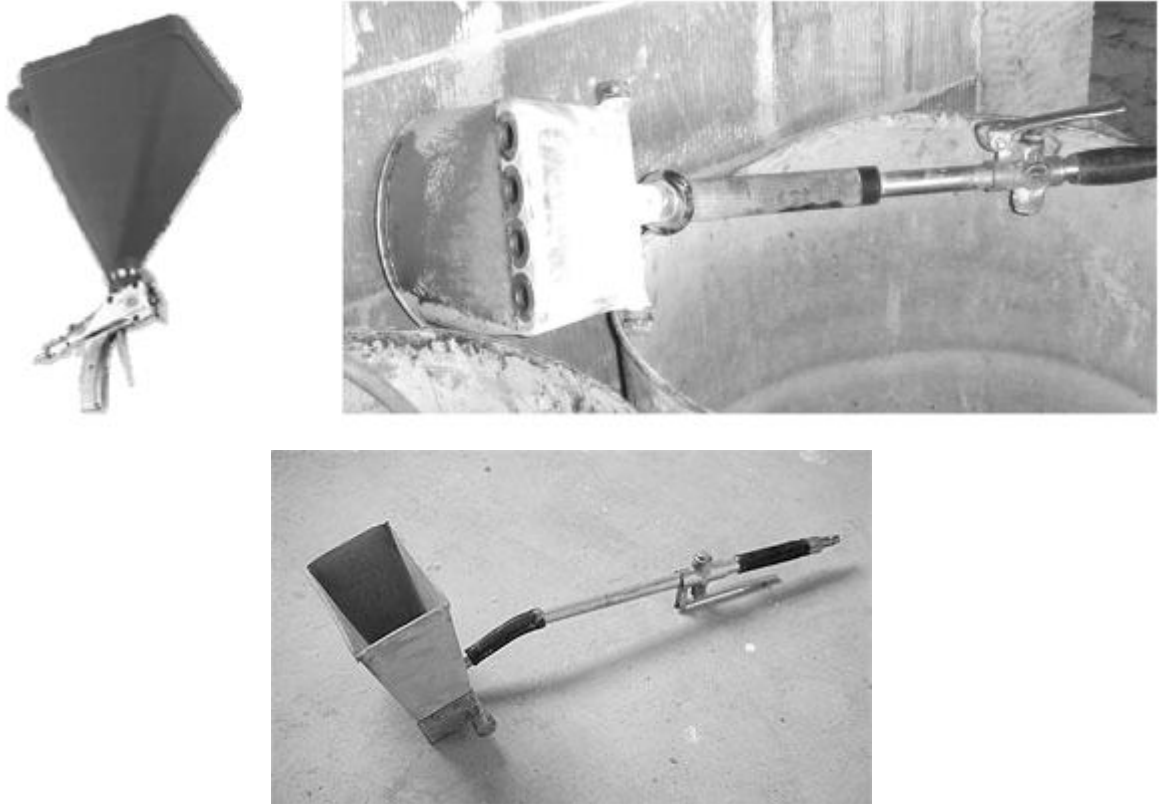


Figura 14: Projeter com recipiente acoplado. Fonte: PARAVISI, 2008.

- Bomba de argamassa: equipamento mais sofisticado. Usualmente possuem misturadores de argamassa integrados ao equipamento de forma que a argamassa saia do misturador direto para o recipiente da bomba, garantindo grande quantidade de volume de bombeamento do equipamento (figura 15). A argamassa chega na pistola de projeção através de mangotes ligados a bomba e o ar comprimido injetado nessa pistola realiza a projeção do produto. Este equipamento exige um maior planejamento do canteiro de obras para deslocamento e para dispor para o funcionamento da máquina água e energia elétrica. O custo de aquisição ou até mesmo de aluguel desta máquina é

maior, sendo que para que o seu uso seja mais rentável deve-se haver bom planejamento para evitar a ociosidade do equipamento.



Figura 15: Bomba de argamassa. Fonte: PARAVISI, 2008.

A sequência de preparação da base até o acabamento final feito com projeção mecânica não difere muito do método manual. O substrato deve ser preparado de acordo com as características do mesmo e da argamassa e a projeção da argamassa é precedida da execução de guias para controle da espessura, nível, prumo e planicidade. Após esse preparo, executa-se o jateamento em uma ou mais camadas horizontais da argamassa, sendo que os fabricantes deste equipamento recomendam certa distância da base do equipamento, variando de 10 a 30 cm. O método recomendado de execução é variável de acordo com cada fabricante, porém usualmente é aplicado de cima para baixo (figura 16), em faixas horizontais não excedendo 2 m. As outras propriedades são as mesmas da aplicação manual, variando de acordo com a obra e a argamassa utilizada.



Figura 16: Argamassa sendo projetada. Sinduscon-BA.

A aplicação correta e planejada da argamassa com projetores economiza tempo e garante um melhor desempenho da aplicação como um todo, pois há menor interferência humana no processo (a energia de lançamento da massa não sofre alterações), reduz desperdícios e diminui a porosidade causada pelo contato do ar com o processo. O bom planejamento é essencial para se analisar a viabilidade do projeto, pois ele apresenta também custos indiretos, como o deslocamento vertical do equipamento por andaimes ou similares.

3.1.5. Módulos de Banheiro Pré-Fabricados

Sistemas pré-moldados são usualmente conhecidos pela sua racionalização na construção e ganho de tempo, um destes sistemas que vêm sendo empregado na construção civil atualmente são as células de banheiros pré-fabricados, sendo que este item sai da fábrica pronto para a acoplagem na edificação. Este é um grande passo na industrialização e racionalização dentro da construção civil, visto que as

áreas molhadas em uma edificação – usualmente - possuem maior custo de execução quando comparadas com outros ambientes. Este valor é maior devido a sua grande quantidade de materiais específicos e equipes diferentes envolvidas na construção, além de gerar grandes quantidades de resíduos e perdas de materiais, por ser uma área com grandes interferências de sistemas.

A utilização do banheiro pré-fabricado é indicada principalmente para construções em série (figura 17), como hospitais, hotéis e edifícios de apartamento tipo, pois o seu custo conta não só com os componentes empregados nele (impermeabilização, tubulações, revestimentos, louças e outras peças) e mão de obra, mas também com o projeto executivo específico do ambiente, ou seja, quando maior o número de unidades a se produzir o valor de cada uma diminui.



Figura 17: Módulos produzidos em série. Fonte: Revista Techné, Ed. 159 junho/2010.

Os módulos de banheiro pronto são produzidos em linhas industriais, onde o construtor define de acordo com o fornecedor os aspectos técnicos do ambiente, com grande liberdade de dimensões e acabamentos e os banheiros são entregues totalmente prontos, já com revestimentos, sendo que na obra é necessário apenas conectar o módulo com as redes hidráulica e elétrica da edificação.

As estruturas do banheiro podem variar de acordo com o fabricante, mas usualmente são produzidos em concreto armado (monolítico ou não) e *drywall* (figura 18).



Figura 18: Módulos de banheiro em concreto armado e drywall. Fonte: PINHEIRO, 2015.

Os módulos são produzidos inteiramente dentro da fábrica, o de concreto armado é feito através de fôrmas preenchidas de concreto armado com tela soldada (figura 19), já embutidas todas as instalações antes da concretagem podem ser monolíticas ou não. O de *drywall* possui o mesmo método, porém com as armações metálicas do sistema e as vedações com placas. O banheiro é montado em um equipamento para deslocamento dentro da linha de montagem (figura 20). O piso é nivelado com auxílio de pontes rolantes e é soldado o módulo. Nesta etapa são deixadas estruturas metálicas para sustentação da bancada. Após a montagem da célula, todo o piso é impermeabilizado, incluindo parte da parede. Após isso recebe o revestimento e acabamentos finais. Depois de prontos os banheiros são inspecionados, passando por controle de qualidade de estanqueidade, vazão, caimento pressão e circuitos elétricos. Passando nos testes, as células são embaladas com lona específica para esse tipo de transporte (figura 21).



Figura 19: Concretagem e içamento das paredes da célula em concreto armado. Fonte: Revista Techné, Ed. 159 junho/2010.

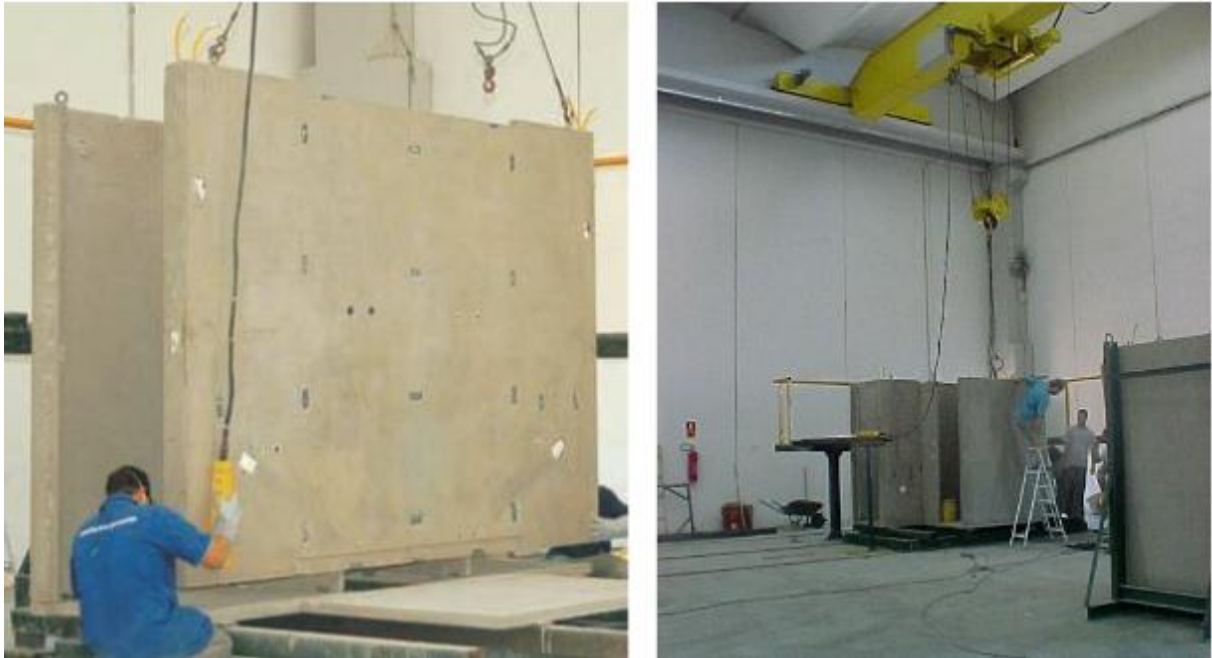


Figura 20: Junção e deslocamento das paredes da célula em concreto armado. Fonte: Revista Techné, Ed. 159 junho/2010.



Figura 21: Banheiro pronto e em seguida embalado. Fonte: Revista Techné, Ed. 159 junho/2010.

Após saírem da fábrica, os banheiros são transportados por carretas para o canteiro de obras (figura 22), então há um limite de dimensões, não podendo ultrapassar as dimensões do veículo de transporte. Para células que ultrapassem a dimensão máxima das carretas, existe a possibilidade de fragmentação do módulo em duas ou mais partes para serem encaixadas somente na edificação. Após o

transporte, na obra o banheiro é elevado por guindaste, grua ou elevador externo (figura 23).



Figura 22: Banheiros sendo transportados. Fonte: Revista Techné, Ed. 159 junho/2010.



Figura 23: Grua posicionando o banheiro no “carrinho” e módulo sendo deslocado pelo pavimento.
Fonte: PRINHEIRO, 2015.

Uma vez instalado, o banheiro pré-fabricado não se difere de banheiros feitos “in loco”. O seu tamanho e forma são bastante flexíveis, apenas a altura do módulo que deve ser limitada a 15 cm a menos que o pé direito do pavimento a ser instalado, para poder serem transportados horizontalmente até seu destino final.

Segundo Pinheiro (2015) a utilização do banheiro pré-fabricado visa diminuir em obra algumas etapas de construção, custos, tempo e retrabalhos. Estas características são justificadas pois esse sistema de banheiros são comprados como qualquer outro produto, simplificando as tarefas não só de execução do ambiente, mas também a de aquisição de materiais e gerenciamento da obra, minimizando riscos de imprevistos e não alterando cronograma e orçamento da obra.

(...) finaliza afirmando que com o banheiro pronto, não se gera uma única lata de entulho e a grande vantagem para o construtor utilizar o sistema consiste em tirar do canteiro de obra todo o transtorno que surge na realização de um banheiro convencional, limitando-se a receber o banheiro já pronto. Ainda segundo ele, os ganhos englobam: nível elevado de qualidade; custo e cronograma definidos, redução de tempo de construção; eliminação de retrabalho, eliminação de desperdícios e danos; obra seca; canteiro mais organizado. (PINHEIRO, 2015 apud LOPES , 2005)

Algumas vantagens trazidas pela produção industrial é a mão de obra especializada, menor tempo de execução, precisão das medidas, menos desperdício de materiais (não há quebra de alvenaria), boa manutenção contando com projeto com localização exata das tubulações, menor peso que banheiros tradicionais.

Com a implementação dos banheiros prontos em uma obra, acontece atividades independentes e executadas de forma simultânea, pois enquanto na fábrica estão construindo os módulos, na obra esta se fazendo a estrutura, economizando tempo, gerando lucros indiretos e viabilizando o custo mais alto das células ao se comparar com construção de banheiros convencionais em grande escala (PINHEIRO, 2015).

Pinheiro (2015) constatou em sua pesquisa que esta tecnologia ainda é pouco empregadas em obras devido a falta de conhecimento do método, falta de inovações por parte das construtoras, falta de estudo de viabilidade e a despesa financeira precoce ao empregar este módulo pré-fabricado.

3.1.6. Nível a Laser

Apesar de que em algumas construções ainda se utiliza medir o nível e fazer o alinhamento com uma mangueira, o nível a laser aos poucos ganham mais espaço

no mercado. A principal vantagem deste equipamento é sua precisão para a tomada de nível e agilidade.

O kit do aparelho é composto pelo próprio nível a laser e alguns acessórios como uma mira de laser, régua graduada com nível bolha, tripé. Para sua utilização deve-se posicionar o aparelho em cima do tripé em um ponto central do cômodo, nivelando o tripé. Após isso mira-se o laser nas paredes do cômodo e faz-se a marcação (figura 24). A altura é ajustável pelo próprio tripé, sendo que ele também gira 360 graus para evitar mudanças de posição do aparelho (figura 25).



Figura 24: Nível a laser posicionado em cima do tripé. Fonte: Portal Pedreirão, 2012.



Figura 25: Nível a laser posicionado em cima do tripé. Portal Pedreirão, 2012.

Muitos aparelhos contam com um detector portátil, que é fixado a uma régua, este aparelho recebe as informações e indica quando está exatamente na linha do laser, possibilitando marcar o nível com extrema precisão. Ao alcançar o nível exato, o equipamento emite um sinal sonoro.

Mesmo possuindo um preço bem maior se comparado com a mangueira, este equipamento é mais aceito pelo mercado pois não é necessário grandes estudos de viabilidade e mão de obra especializada para sua utilização. Seu uso é simples e é considerado um bom investimento para o construtor

3.1.7. Painéis de Gesso Acartonado

Os painéis de chapas de gesso acartonado - usualmente conhecidos como *drywall* – são elementos de vedação vertical interna industrializados, sem possuir função estrutural. Eles são compostos por chapas leves em gesso montado sobre cartão (acartonado), estruturadas por perfis metálicos leves. É considerado um método de construção à seco por não fazer uso de água ou compostos com água no processo executivo.

De acordo com as necessidades específicas de aplicação, existem três categorias de chapas acartonadas, diferenciadas visualmente pela coloração do cartão (figura 26). Segundo Silva e Silva (2000) essas chapas são:

- Chapa normal ST (padrão ou *standard*) – são chapas de gesso e cartão comuns, para emprego em divisórias sem exigências específicas de desempenho.
- Chapa hidrófuga RU (chapa verde) – para emprego em paredes internas da edificação sujeitas à ação de umidade (áreas molháveis). Gesso com adição de polímeros. A chapa recebe ainda um tratamento à base de silicone na superfície do papel cartão e na parte interna de gesso (figura 27).
- Chapa resistente ao fogo RF (chapa rosa) - para divisórias com exigências especiais de resistência ao fogo, o gesso das chapas recebe adição de fibras minerais (incombustíveis).



Figura 26: Chapa resistente ao fogo (RF), chapa hidrófuga (RU) e chapa normal (ST). Fonte: Portal Pedreira, 2013.



Figura 27: Execução de drywall em área molhada. Fonte: Portal Pedreirão, 2013.

A execução das paredes de gesso acartonado inicia-se com a marcação e fixação das guias no teto e no piso (figura 28). São colocados montantes verticalmente no interior das guias e posicionados a cada 40 ou 60cm para auxiliarem a sustentação da placa. As chapas já devem ser colocadas com as aberturas para instalações pré definidas, sendo aparafusadas (figura 29). Reforços internos são necessários sempre que houver necessidade de fixar tubulações e outras peças suspensas (como prateleiras, armários e bancadas). Conforme a natureza da carga, podem-se utilizar pequenas peças de madeira presas aos perfis, ou recorrer aos mesmos perfis utilizados na estruturação da parede. Em todos os casos, deve-se assegurar que é a estrutura da parede que receberá os esforços impostos (SILVA e SILVA, 2000).

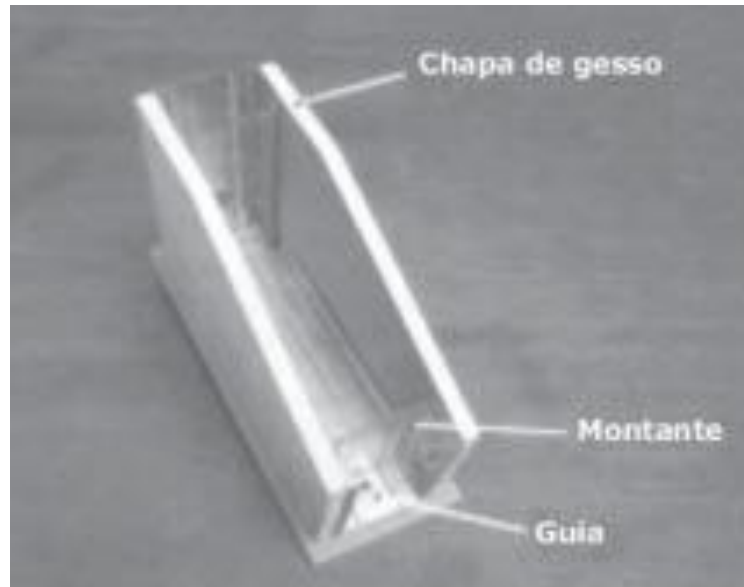


Figura 28: Esquema montagem drywall. Fonte: SILVA e SILVA, 2000.



Figura 29: Sistema drywall em fase de acabamento. Fonte: Portal Dry Land Design.

Nos encaixes entre as placas de gesso acartonado é utilizado um sistema de tratamento de juntas que resulta em uma superfície uniforme, monolítica e com flexibilidade para evitar trincas e fissuras do gesso. O tratamento de junta consiste na aplicação de massa de rejuntamento, colocação da fita de papel reforçado sobre o eixo da junta e impregnação com massa, pressionando firmemente, para eliminar o

excesso de material com a espátula. Assim a vedação vertical já está pronta para o acabamento final, sendo que o revestimento das chapas pode ser aplicado diretamente sobre o cartão. A possibilidade de aplicação de revestimentos cerâmicos é citada nos manuais dos fabricantes.

Para atender aos diferentes níveis de desempenho, segundo Silva e Silva (2000), pode-se compor a vedação de fachada com mais de um painel ou painéis de diferentes espessuras, ou mesmo painéis mais densos e até combinar mais de um painel de cada lado. Outro recurso importante para adequar o desempenho da vedação são as lãs minerais (figura 30) e membranas estanques à água ou barreiras de vapor. A lã mineral (rocha ou vidro) contribui para o conforto térmico e acústico, enquanto as membranas estanques controlam a passagem da umidade pela vedação. O acabamento externo do sistema normalmente é constituído de uma camada de argamassa especial reforçada com malha de fibra de vidro que tem a função de evitar fissuras nas juntas entre painéis e regularizar a superfície para receber uma camada final de acabamento.



Figura 30: Aplicação de isolamento acústico no interior do sistema. Fonte: Portal Pedreira, 2013.

As principais vantagens de se utilizar este sistema de vedação em relação a alvenaria tradicional segundo Silva e Silva (2000) são:

- Menor massa, proporcionando um menor peso próprio das vedações a ser transferido para as fundações;
- Possibilidade de ganho de área pela menor espessura das paredes;

- Execução e acesso simplificado para facilidade de manutenção das instalações hidráulicas e elétricas, devido à vedação oca e estruturada por perfis;
- Possibilidade de ajuste do nível de desempenho acústico por variação da configuração (lã de vidro + placa adicional);
- Plano e qualidade superficial permitem a aplicação direta do acabamento;
- Se a utilização for bem planejada, redução do volume de perdas de material;
- Rapidez de execução de fechamento.

As principais desvantagens do sistema de acordo com Silva e Silva (2000) são:

- Sensibilidade à umidade é uma das características mais críticas, podendo comprometer o desempenho e a durabilidade das divisórias.
- Dificuldade de localização de vazamento pelo fato de a parede ser oca.
- Não há nenhuma proteção para o cartão e os perfis metálicos de enrijecimento na presença da água, mesmo com o uso das chapas de gesso com polímeros (verde).
- As divisórias de gesso não podem ser empregadas como contraventamento da estrutura e exigem a colocação de armários e prateleiras em posições pré-determinadas.
- A montagem das chapas só deve ser feita após a execução de revestimentos de argamassa, contrapiso e outros serviços úmidos.
- Não é recomendável utilizar sobre painéis os revestimentos cerâmicos ou outros pouco deformáveis, essencialmente se aplicados com argamassa convencional.

Apesar do *drywall* ser um sistema bastante conhecido no país e de todas as vantagens e desvantagens/limitações apresentados, o sistema ainda não é muito aplicado em nosso território. O uso não abundante do sistema segundo diversos construtores é principalmente cultural, onde o consumidor final da edificação, muitas vezes leigo em relação ao desempenho estrutural do sistema, não se sente confortável e seguro em relação a parede oca, sendo assim o sistema é mais

utilizado em obras comerciais, com pavimentos livres, ou então para pequenas obras internas para se criar divisões de espaço rapidamente e sem muito transtorno comumente de obras.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Sistemas e equipamentos apresentados comparados com suas alternativas tradicionais e com a Norma de Desempenho

Com prévio conhecimento da Norma de Desempenho, dos sistemas e equipamentos industrializados apresentados neste trabalho e também dos métodos e equipamentos tradicionais utilizados na construção civil na região de Belo Horizonte - MG, este estudo de caso visa fazer comparações qualitativas das duas formas de construir (industrializada e tradicional) e com a primeira parte da norma, que avalia o desempenho geral da edificação, desde sua implantação. Como a qualidade e racionalização da construção está diretamente relacionada com o desempenho de uma edificação, esta análise parte do pressuposto que a Norma de Desempenho como força de lei que tem é um gancho que poderá mudar alguns parâmetros no mercado da construção civil.

Esta comparação é importante visto que a industrialização da construção ainda não foi totalmente absorvida no mercado, mesmo com suas vantagens explícitas sendo divulgadas não só pelos seus fornecedores, mas por algumas pesquisas e trabalhos acadêmicos. O resultado deste estudo de caso tem como objetivo servir como mais um parâmetro positivo ou negativo dos itens apresentados anteriormente.

4.2. Método

O método consiste em comparar o desempenho dos sete equipamentos e processos estudados neste trabalho e suas respectivas alternativas tradicionais mais empregadas entre si e com a primeira parte da norma de desempenho. Para isso é apresentada duas tabelas comparativas indicando prós e contras de cada método e equipamento. A avaliação segue indicando prós e contras de cada subitem e avaliando-os em uma escala numérica de 1 à 3, sendo 1 quando item não atende, 2 quando atende com ressalvas, 3 quando atende bem e N.A. quando critério não se aplica. Nesta mesma tabela cada requisito receberá como nota final a média de suas avaliações contidas no subitem, sendo arredondada de acordo com o peso de seus prós e contras. Como resultado final será apresentado gráficos comparativos

dos setes itens analisados com suas respectivas formas tradicionais de construção e com seus desempenhos de acordo com os Requisitos Gerais da norma.

4.2.1. Comparativo com os Requisitos Gerais da Norma de Desempenho

Contida na parte 1 da norma, este requisito trata das interfaces entre os diferentes elementos da construção, juntamente com seu desempenho da construção como um todo. As principais abordagens deste requisito são:

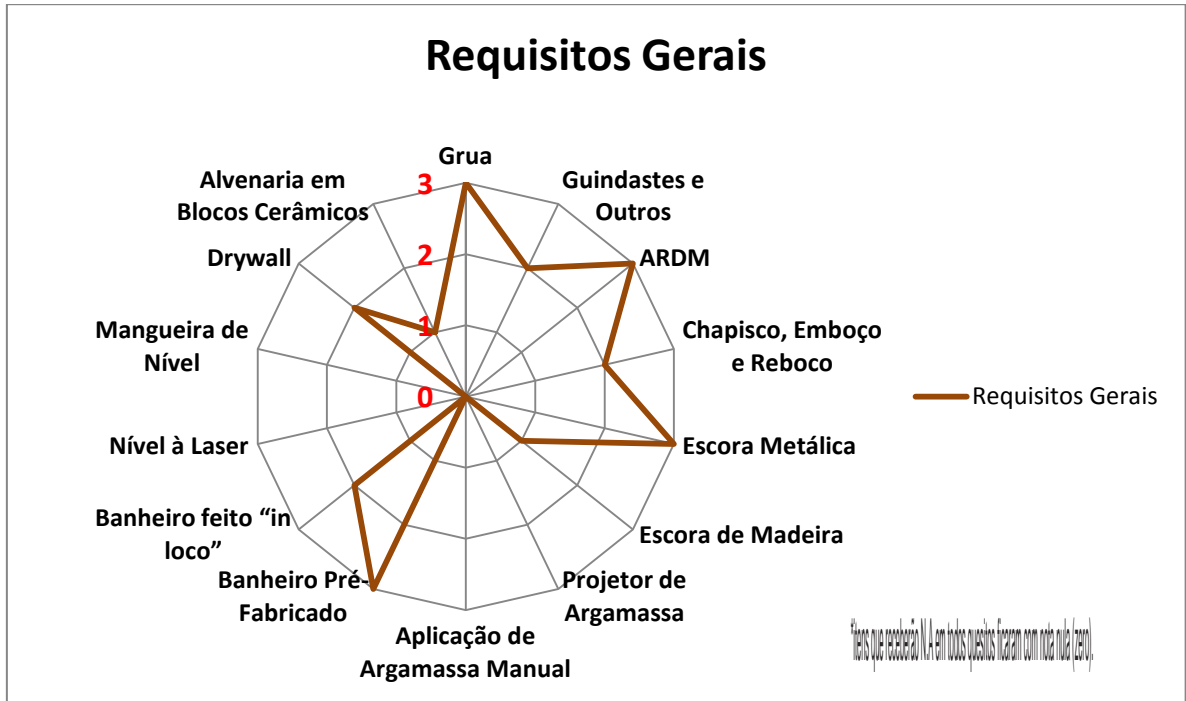
- Implantação da obra: peso próprio das estruturas, impacto da obra no entorno viário e edificado, tipos de fundação e organização do canteiro de obra;
- Saúde, higiene e qualidade do ar: salubridade do ambiente, estanqueidade e ventilação;
- Adequação ambiental: geração de resíduos e consumo de água.

Segue tabela 3 e gráfico 4 com comparação dos itens:

Requisitos Gerais							
Sistemas e Equipamentos	Implantação da Obra		Saúde, Higiene e Qualidade do Ar		Adequação Ambiental	Avaliação Final	
Grua	Prós: organização do canteiro; gasta pouco espaço no canteiro; pouco impacto em torno da obra durante deslocamento. Contras: -	3	N.A.	-	N.A.	-	3
Guindastes e Outros	Prós: organização do canteiro. Contras: impacto no deslocamento do equipamento até a obra.	2	N.A.	-	N.A.	-	2
ARDM	Prós: estocagem de menos material. Contras: -	2	Prós: acabamento estanque. Contras: -	3	Prós: geração menor de resíduos; menor consumo de água. Contras: -	3	3

Chapisco, Emboço e Reboco	Prós: - Contras: estocagem de mais materiais.	2	Prós: - Contras: necessita de aplicação de outros materiais para estanqueidade.	2	Prós: - Contras: consumo de água maior; geração maior de resíduos.	1	2
Escora Metálica	Prós: estocagem simplificada, desmontável. Contras: -	3	N.A.	-	Prós: menor impacto ambiental para sua produção. Contras: -	3	3
Escora de Madeira	Prós: - Contras: estocagem com algumas complicações, peças únicas.	2	N.A.	-	Prós: - Contras: maior impacto ambiental para sua produção.	1	1
Projeto de Argamassa	N.A.	-	N.A.	-	N.A.	-	-
Aplicação de Argamassa Manual	N.A.	-	N.A.	-	N.A.	-	-
Banheiro Pré-Fabricado	Prós: peças pré-fabricadas. Contras: transporte deve ser bem planejado.	3	Prós: estanqueidade testada em fábrica. Contras: -	3	Prós: não gera resíduos em obra. Contras: -	3	3
Banheiro feito "in loco"	Prós: - Contras: -	3	Prós: estanqueidade obtida com métodos flexíveis. Contras: -.	2	Prós: - Contras: geração de muitos resíduos.	1	2
Nível à Laser	N.A.	-	N.A.	-	N.A.	-	-
Mangueira de Nível	N.A.	-	N.A.	-	N.A.	-	-
Drywall	Prós: menor peso para a edificação. Contras: -	3	Prós: - Contras: parede oca, podendo abrigar insetos e animais.	1	Prós: poucos resíduos em obra; pouco uso de água. Contras: -	3	2
Alvenaria em Blocos Cerâmicos	Prós: - Contras: maior peso para a edificação; armazenamento ocupa espaço maior.	1	Prós: sistema bem sólido; aberturas para ventilações livres (depende da estrutura). Contras: -	3	Prós: - Contras: geração de muitos resíduos; muito uso de água.	1	1

Tabela 3: Comparação dos sistemas e equipamentos segundo desempenho geral. Fonte: Autor.



*itens que receberão N.A em todos quesitos ficaram com nota nula (zero).

Gráfico 4: Comparação dos sistemas e equipamentos segundo desempenho geral. Fonte: Autor.

4.2.2. Comparativo de viabilidade econômica

O estudo viabilidade econômica sempre foi o fator principal para escolhas na construção civil, analisando de forma ampla sobre o a edificação a ser construída, seu uso, materiais, mão de obra, técnicas construtivas, entre outros fatores. Neste subcapítulo são comparados os métodos industriais e suas respectivas formas tradicionais com os seguintes aspectos que definem de forma geral sua viabilidade:

- Investimento inicial: é o quanto um construtor deve aplicar para utilizar o método ou equipamento em sua obra.
- Retorno financeiro: possibilidade de economia em outros processos ou materiais da construção devido ao investimento no equipamento ou método.
- Tempo: economia de tempo significa também economia financeira, indica quanto a o equipamento ou método economizará o tempo de construção.

Segue tabela 4 e gráfico 5 com comparação dos equipamentos e métodos construtivos - perante os aspectos citados - de forma qualitativa:

Viabilidade Econômica						
Sistemas e Equipamentos	Investimento Inicial		Retorno Financeiro	Tempo	Avaliação Final	
Grua	Prós: possibilidade de aluguel do equipamento. Contras: alto custo se comparado com outros equipamentos; custo indireto de melhor organização do canteiro de obras.	1	Prós: diminui mão de obra e substitui diversos equipamentos. Contras: o retorno é mais visível em grandes obras	2	Prós: organiza o canteiro; exige melhor gestão de itens na obra; uma grua pode substituir diversos outros equipamentos, diminuindo possibilidade de erro; equipamento de longo alcance. Contras:	2
Guindastes e Outros	Prós: possibilidade de aluguel do equipamento; fácil aquisição; preço mais acessível Contras: necessidade de diversas máquinas; necessário deslocamento constante no canteiro de obras.	2	Prós: adequado à qualquer obra; fácil aquisição. Contras: grandes obras necessitam de diversos equipamentos.	3	Prós: equipamento vem pronto para o uso. Contras: -	2
ARDM	Prós: pequeno, pois um item substitui vários. Contras: ainda não é muito difundida em todos os setores do mercado; poucas fabricantes	3	Prós: menos material utilizado; menos mão de obra Contras: ainda não há estudos comparativos analisando o comportamento do material depois de décadas	3	Prós: aplicação rápida, com uma ou duas camadas. Contras: exige treinamento de mão de obra.	3
Chapisco, Emboço e Reboco	Prós: diversas opções de materiais Contras: mais expansivo financeiramente	2	Prós: método flexível, podendo mudar componentes Contras: mas espendioso financeiramente; gasta maior mão de obra.	1	Prós: - Contras: exige aplicação de várias camadas	1

Escora Metálica	Prós: podem ser alugadas; garantia de qualidade. Contras: preço bem mais alto.	2	Prós: podem ser reutilizadas diversas vezes; adaptam altura. Contras: -	3	Prós: fácil armazenagem; fácil escoramento e reescoramento; precisão de altura. Contras: -	3	3
Escora de Madeira	Prós: preço baixo. Contras: -	3	Prós: - Contras: perda de material com o uso	1	Prós: - Contras: necessidade de maior Mão de obra para reescoramento; medidas imprecisas.	1	1
Projektor de Argamassa	Prós: investimento reduzido. Contras: gasta maior energia; equipamento pode ser pesado.	2	Prós: equipamento pode ser sempre reutilizado. Contras: necessário treinamento para utilização.	3	Prós: processo mais rápido Contras: necessário treinamento para utilização.	3	3
Aplicação de Argamassa Manual	Prós: aplicação fácil utilizando andaimes. Contras: maior mão de obra	2	N.A.	-	Prós: processo demorado. Contras: -	2	2
Banheiro Pré-Fabricado	Prós: - Contras: alto preço por unidade, viável para utilização em serie	2	Prós: projeto executivo detalhado vindo do fabricante; módulo passa por testes de desempenho. Contras: -	3	Prós: módulos fabricados na fabrica enquanto a obra esta em andamento. Contras: -	2	2
Banheiro feito "in loco"	Prós: preço reduzido Contras: -	3	N.A.	-	Prós: - Contras: trabalho demorado	1	2
Nível à Laser	Prós: investimento baixo Contras: -	3	N.A.	-	Prós: medição rápida e precisa. Contras: -	3	3
Mangueira de Nível	Prós: investimento baixo Contras: -	3	N.A.	-	Prós: fácil manuseio Contras: imprecisão do método (depende muito da mão de obra)	2	2

Drywall	Prós: - Contras: mão de obra especializada; maior custo	1	N.A.	-	Prós: execução rápida Contras: -	3	2
Alvenaria em Blocos Cerâmicos	Prós: método de baixo custo Contras: -	3	N.A.	-	Prós: Contras: execução demorada	2	3

Tabela 4: Comparação dos sistemas e equipamentos segundo viabilidade econômica. Fonte: Autor.

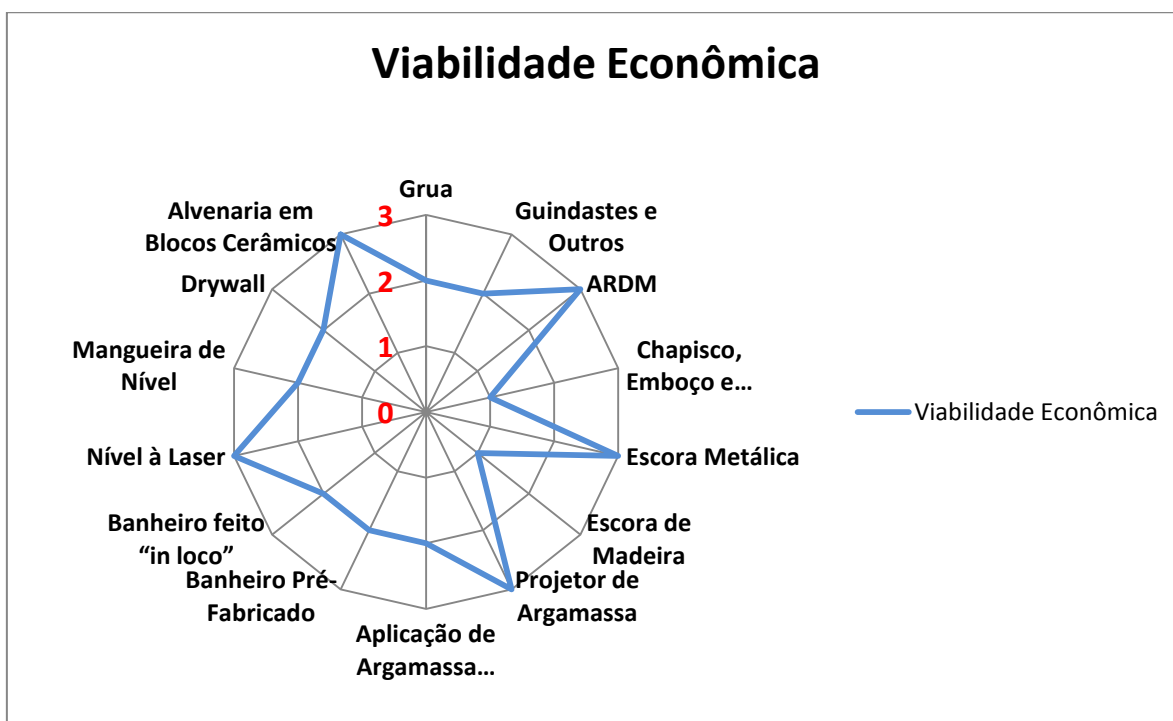


Gráfico 5: Comparação dos sistemas e equipamentos segundo viabilidade econômica. Fonte: Autor.

4.3. Resultado e comentários

Após análise comparativa superficial dos sistemas e equipamentos e dando suas respectivas notas perante a primeira parte da Norma de Desempenho e de viabilidade econômica foi montado o gráfico 6.

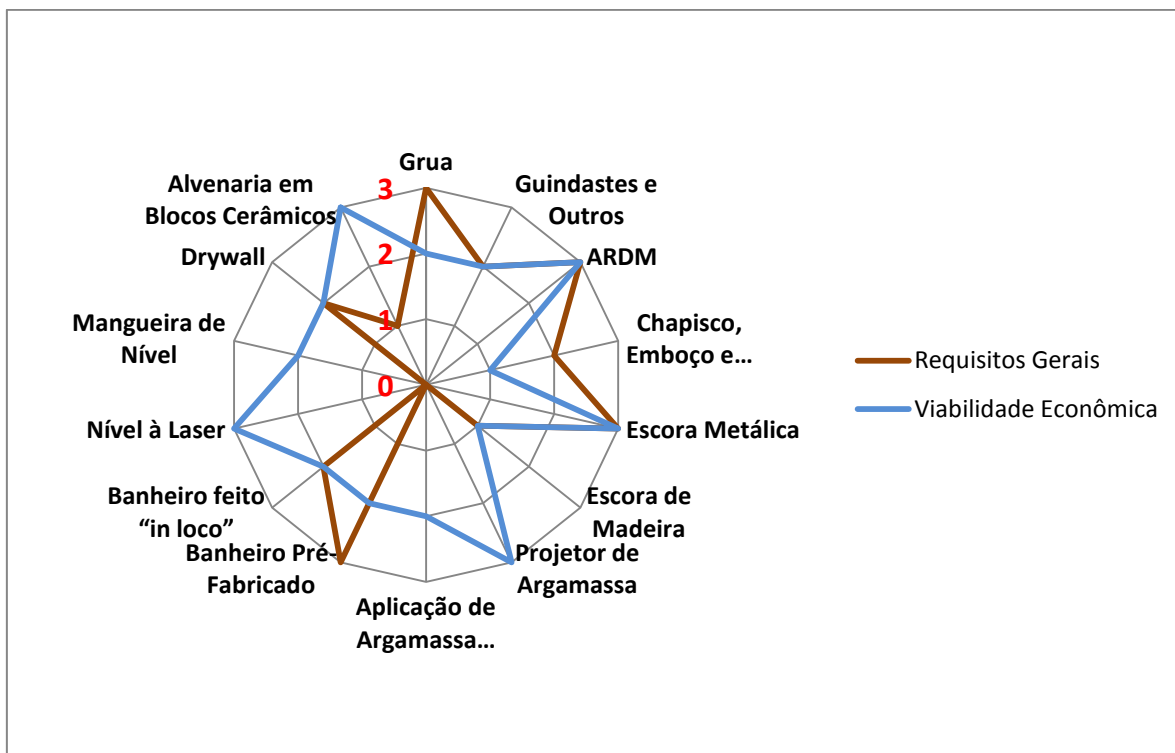


Gráfico 6: Gráficos de requisitos gerais e viabilidade econômica sobrepostos. Fonte: Autor.

Os itens com melhores desempenho foram a ARDM, a escora metálica e nível à laser (este último não entrou na avaliação dos requisitos gerais por não se enquadrar nas exigências e recomendações desta parte da norma). Os três itens são industrializados, sendo que as escoras metálicas e o nível à laser estão sendo bastante utilizados na região de Belo Horizonte – MG. Já a ARDM aparece como um item que está ganhando espaço no mercado, principalmente em obras populares e conjuntos habitacionais.

Já com pior desempenho estão as escoras de madeira. Particularmente as escoras desse tipo tendem a ser menos utilizadas com o avanço da construção civil e com os vários benefícios que suas substitutas (escoras metálicas) trazem, como abordado em capítulos anteriores.

Dos itens analisados podemos ressaltar três que obtiveram desempenho alto em uma categoria e desempenho baixo em outra. A grua por exemplo se mostra um equipamento moderno com inúmeros benefícios e que está de acordo com a Norma de Desempenho, permitindo maior organização e praticidade no canteiro de obras, porém ainda não é muito utilizada, sendo que isto pode ser de fato pela atual viabilidade econômica, como mostrado neste trabalho. Os banheiros pré-fabricados

se encontram no mesmo grupo, sendo sua viabilidade econômica mais interessante para compra de inúmeras unidades em série. Já a alvenaria em blocos cerâmicos aponta grande viabilidade econômica, mas não atende a norma como outros sistemas construtivos, isto reflete o panorama da construção atual onde vedações neste sistema são as mais comuns por seu baixo preço, não considerando muito seu desempenho em outros quesitos.

Com este estudo de caso pôde-se tirar estas conclusões e perceber aspectos positivos e negativos destes equipamentos e técnicas analisados, onde o resultado indica um interessante comparativo entre a viabilidade econômica que move as construções e aspectos normativos que tendem a mudar ou ao menos evoluir as técnicas construtivas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso país possui imenso potencial para a adoção em maior escala de métodos e sistemas industrializados, todos eles possuem suas vantagens e talvez falta um maior incentivo governamental para que eles se tornem escolhas e substituições reais ao nosso modo de construir. Este levantamento de alguns destes métodos e equipamentos industrializados existentes na região de Belo Horizonte – MG mostra grande variedade de opções industrializadas que podem ser adotadas em algumas etapas em uma obra.

Como já foi dito neste trabalho, o mercado ainda não tem muito conhecimento sobre esses métodos e sistemas e/ou possui certa dificuldade de aplicá-los em obra, visto que as formas tradicionais ainda são as mais difundidas. Certificados de qualidade na construção, a Norma de Desempenho e exigências de qualidade para se obter um grande financiamento são fatores que podem mudar o panorama desta indústria, obrigando os construtores a cada vez mais procurar novas técnicas e materiais. Afirmo que ainda falta em nosso país um banco de dados integrado com informações concretas sobre estes itens, talvez com o advento do BIM transformando toda construção em informação ajude neste problema. O investimento em pesquisas para desenvolvimento de novas tecnologias também é peça fundamental para uma mudança da forma de construir. Estas mudanças devem garantir maior produtividade e qualidade nos processos existentes e criar novos processos construtivos mais eficientes.

Ao se fazer um breve comparativo da construção civil no mundo podemos ver a adoção em maior escala desta industrialização, enquanto em nosso país pequenas edificações demoram anos para serem construídas, em método “semi-artesanal”, outros países contam com grandes edificações construídas rapidamente, sendo que cerca de 80% da obra é feita em fábrica, com criação de peças, e os outros 20% fica por conta das fundações e montagem da construção.

Ainda temos um longo caminho pela frente para igualar o setor da construção civil com o de outras partes do mundo, muito há de ser feito, mas não é um caminho impossível, ele apenas é longo e com diversas barreiras a serem ultrapassadas. A indústria automotiva cresceu rapidamente com o avanço da tecnologia, se a

construção civil seguir adiante buscando inovação, a construção industrializada será uma futura realidade difundida nacionalmente.

6. REFERÊNCIAS

AMORIM, S. L. **Inovações Tecnológicas nas Edificações: papéis diferenciados para construtores e fornecedores.** Artigo técnico. Niterói, 1999. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em: 07 mar. 2016.

ARO, Celso R; AMORIM Simar V. As Inovações tecnológicas no Processo de Produção dos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários. **I Conferências latino-americana de construção sustentável x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído.** São Paulo, julho, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais.** Rio de Janeiro, 2013.

CRESCENCIO, Rosa Maria. **Revestimento Monocamada Pede Projeto.** Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/revestimento-monocamada-pede-projeto_5759_10_0>. Acesso em: 25 abr. 2016.

FARINHA, Renato Frazão. **Estudo comparativo de custos e racionalização de fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto em conjuntos residenciais.** São Paulo: Anhembi Morumbi, 2005.

FRANCKLIN JR, Ivan; AMARAL, Tatiana Gondim do. Inovação Tecnológica e Modernização na Indústria da Construção Civil. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: a integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável.** Rio de Janeiro, outubro, 2008. Disponível em: <http://www.uniempres.org.br/user-files/files/enegep2008tnsto86572_10715.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2016.

MARIN, Pedro de Lima. Sistemas de Gestão de Qualidade e Certificação ISO 9001 na Administração Pública: uma análise crítica. **V Congresso de Gestão Pública.** Brasília, junho, 2012.

MARTINS, Marcelo G.; BARROS, Mercia M. S. B. A Formação de Parcerias Como Alternativa Para Impulsionar a Inovação na Produção de Edifícios. **III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção.** São Carlos, setembro, 2003.

MELHADO, Silvio Burratino. **Gestão, Cooperação e Integração para um Novo Modelo Voltado à Qualidade do Processo de Projeto na Construção de Edifícios.** Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MIKALDO JR, Jorge; SCHEER, Sergio. **Compatibilização de Projetos ou Engenharia Simultânea: Qual é a Melhor Solução?** Gestão & Tecnologia de Projetos, v.3, n.1, mai. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4237/gtp.v3i1.63>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INFORMAÇÃO (MCTI). **Portal eletrônico**. Brasília-DF, 2016. Disponível em: <<http://www.mcti.gov.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Portal eletrônico**. Brasília-DF, 2016. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

OLIVEIRA, Paulo V. H., ET AL. **Análise de aplicação de check-list sobre inovações tecnológicas em Canteiros de Obra**. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Trindade, Florianópolis, 1999.

PARAVISI, Sandra. **Avaliação de Sistemas de Produção de Revestimentos de Fachada com Aplicação Mecânica e Manual de Argamassa**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12561/000630210.pdf?sequence=1>>. Acesso em 03 jun. 2016.

PINHEIRO, Gabriela Guedes. **Banheiro Pronto: Viabilidade Técnica e Econômica**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013367.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2016.

SANTOS, Carlos A. B.; FARIAS FILHO, José R. de. Construção civil: um sistema de gestão baseada na logística e na produção enxuta. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 1998, Niterói. 8p. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/Scripts/Download.asp?CD_BIBLIOGRAFIA=14871>. Acesso em: 20 abr. 2016.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE JOÃO PESSOA. **Portal eletrônico**. João Pessoa-Pb. Disponível em: <<http://www.sindusconjp.com.br/servicos/PBQP-H/SIAC>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

SILVA, Maristela Gomes da; SILVA, Vanessa Gomes da. Painéis de Vedação. In: **Manual de Construção em Aço**. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/publicacoes-manuais.php>>. Acesso em: 05 jul. 2016.

SHIN, Herbert Berndt. **Norma de Desempenho NBR 15575: Estudo das Práticas Adotadas por Construtoras e dos Impactos Ocorridos no Mercado da Construção Civil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10017455.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

TEMPLUM CONSULTORIA ILIMITADA. **Portal eletrônico**. Campinas-SP. Disponível em: <<http://certificacaoiso.com.br/iso-9001/>>. Acesso em: 20 abr. 2016.