

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE CONTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PRISCILA FERNANDES LAGE VAZ

**ESTUDO SOBRE A RACIONALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2014

PRISCILA FERNANDES LAGE VAZ

**ESTUDO SOBRE A RACIONALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Dra. Fabiana Goia Rosa de Oliveira.

CAMPO MOURÃO

2014



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Coordenação de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso Nº 71

ESTUDO SOBRE A RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

por

**Priscila Fernandes Lage Vaz**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 15h50min do dia 04 de agosto de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Jorge L. N. de Góes**

( UTFPR )

**Profª. Meª. Eliana F. dos Santos**

( UTFPR )

**Profª. Drª. Fabiana Goia R. de Oliveira**

(UTFPR)

**Orientador**

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

**Prof. Dr. Marcelo Guelbert**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.*

*Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus pais que tanto me apoiam, fazendo dos meus objetivos e sonhos os seus próprios, e que com todo carinho e dedicação souberam me entender nos momentos de dificuldade, mas principalmente pela educação formidável que me ofertaram, sustentada no exemplo diário.*

*Aos meus amigos, tão amados, que me proporcionaram inúmeras felicidades e o conforto em momentos não tão felizes.*

*Dedico a minha orientadora que me apoiou e que desempenhou um papel importante na realização desta etapa da minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que é o princípio de todas as coisas e o recurso infindável de força e perseverança.

Reverencio toda minha família, que tanto me apoiaram e me compreenderam, por todos os estímulos e suporte dados, principalmente em função de minha ausência e pelo sentimento de saudade que tanto se fez presente. Sem eles nada disso seria possível, se quer faria sentido.

Aos amigos e conhecidos que de inúmeras formas me apoiaram nos momentos críticos dessa jornada. Em especial a querida Bernardete Maria Senise Guedes, um ser humano incrível que eu jamais serei capaz de agradecer à altura de seu merecimento, à companheira de moradia Thaisa Fraga Pires por todas as palavras de conforto e pela parceira sempre presente nesta etapa tão importante de nossas vidas.

Agradeço a Professora Dr. Fabiana Goia Rosa de Oliveira pela atenção e dedicação oferecidas, por ter me transmitido os seus tantos conhecimentos e pela paciência dedicada a este trabalho.

Aos Professores de Engenharia Civil que confiaram em minha capacidade.

“As suas lágrimas não substituem o suor que você deve verter em benefício da sua própria felicidade...”.

*(XAVIER, Chico)*

## RESUMO

VAZ, Priscila F. L. **Estudo sobre a Racionalização na Construção Civil**. 2014. 69f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

A indústria da Construção Civil no Brasil esta em forte crescimento, e existe uma grande preocupação por parte dos empreendedores da área em se estabilizar no mercado de grande concorrência. A racionalização da construção é um instrumento que possibilita aos profissionais da área o aprimoramento dos processos referentes à produção civil, com medidas que potencializam os recursos ofertados e outras capazes de minimizar os incalculáveis desperdícios gerados pelo não uso da racionalidade, na grande maioria das vezes desnecessárias e corrigíveis. Com uma visão racional e atenta sobre o processo de produção é possível obter bons resultados comprovados por estudos de caso, com o aperfeiçoamento das etapas que envolvem a edificação, desde a análise da viabilidade, passando pelo projeto e execução, até a entrega final da obra. Neste contexto, faz-se a importância de se discutir a respeito de racionalização da construção civil e com o auxílio de diversas bibliografias de inúmeros autores distintos, o trabalho tem como objetivo principal o levantamento teórico sobre o assunto, discute-se principalmente a gestão da produção na construção civil, com ênfase na sua importância e oferta-se o material necessário para se corrigir possíveis falhas e consequentemente perdas em tantos recursos humanos, materiais, financeiros e temporais destinados à produção das edificações.

**Palavras-chave:** Racionalização na construção civil. Racionalidade na produção. Gestão da produção. Projeto. Construtibilidade. Execução

## ABSTRACT

VAZ, Priscila F. L. **Study o the Rationalization in Civil Construction.** 2014. 69f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

The Construction industry in Brazil is growing rapidly and there is great concern among entrepreneurs to your stabilizing in highly competitive market, the rationalization of the construction is a tool that enables professionals the processes upgrading related to civilian production, with measures that enhance the features offered and others able to minimize the incalculable losses generated by the non use of rationality, in most cases unnecessary and correctable, with a rational and careful insight into the production process it is possible to obtain good results proved by case studies, with the improvement of the steps involved in the building, and from the analysis of the feasibility, through design and implementation, to final product delivery. In this context, this is the importance of discussing about rationalization of construction and with the help of several bibliographies of numerous distinct authors, the work has as main objective the theoretical research on the subject, mainly discussion on the production management at construction, emphasizing its importance and offering the necessary material to correct possible faults and consequently loss in many wherewithal human, material, financial and time dedicated to the production of buildings.

**Keywords:** Rationalization in construction. Rationality in production. Production management. Design. Constructability. Execution

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Detalhe do kanban de sinalização dos materiais .....	54
Figura 2 - Detalhe dos kanbans de sinalização instalados no almoxarifado .....	55
Figura 3 - Detalhe da chapeira e do cartão de kanban .....	55
Figura 4 - Detalhe do interruptor, do computador e da TV utilizados no andon .....	56
Figura 5 - Layout do Canteiro de obras .....	58
Figura 6 - Obra realizada pela Empresa SUDESTE .....	62
Figura 7 - Tipos de seção transversal do painel .....	65
Figura 8 - Esquema genérico da fixação dos painéis na estrutura .....	66
Figura 9 - Esquema de construção portante em LSF .....	71
Figura 10 - Obra de escola em LSF no Rio de Janeiro .....	72
Figura 11 - Obra com fechamento externo em LSF em Belo Horizonte .....	73
Figura 12 - Exemplo de revestimento e preenchimento dos painéis. (a) Lã de vidro interna; (b) Massa cimentícia; (c) Revestimento tipo TYVEK para barreira hidráulica; (d) Isolante térmico .....	74
Figura 13 - Estrutura das paredes do residencial Haragano .....	75
Figura 14 - Fabricação industrial: (a) Painéis de parede (b) Treliças de cobertura; (c) Transporte indústria/obra; (d) Casa pronta .....	76

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
3 JUSTIFICATIVA.....	15
4 METODOLOGIA.....	17
5 A RACIONALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	18
5.1 CONSTRUTIBILIDADE.....	20
6 LOGÍSTICA X RACIONALIZAÇÃO.....	22
6.1 FUNDAMENTAÇÃO.....	22
6.1.1 Logística.....	23
6.1.2 Gargalo.....	24
6.1.3 Sistema da Gestão da Produção.....	28
6.1.3.1 Produção Enxuta ou Sistema Toyota de Produção.....	25
6.1.3.1.1 Just in Time (JIT).....	28
6.1.3.1.2 Kanban.....	29
6.1.3.1.3 Rede PERT/CPM.....	30
6.1.4 Sistema de Gestão da Qualidade.....	35
7 RACIONALIZAÇÃO POR ETAPAS DE CONSTRUÇÃO.....	38
7.1 Projeto.....	38
7.1.1 Importância da racionalização.....	38
7.1.2 Implantação dos processos de racionalização.....	40
7.1.2.1 Planejamento.....	38
7.1.2.2 Fluxo de informações.....	39
7.1.2.3 Modificações em projeto.....	41
7.1.2.4 Compatibilização.....	42
7.2 Execução.....	46
7.2.1 Importância da racionalização.....	46
7.2.2 Implantação dos processos de racionalização.....	49
7.2.2.1 Planejamento.....	47

7.2.2.2 Canteiro de Obras.....	51
7.2.2.3 Sugestões para aperfeiçoamentos em estudos de caso.....	53
7.2.2.4 Novas tecnologias e inovações.....	60
7.3.2.4.1 Pré-fabricação em concreto.....	61
7.3.2.4.2 Painéis pré-fabricados de vedação externa.....	63
7.3.2.4.3 Estruturas metálicas.....	67
7.3.2.4.4 Sistema Drywall.....	68
7.3.2.4.5 Sistema construtivo Light Steel Frame.....	70
7.3.2.4.6 Sistema construtivo Wood Frame.....	73
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	79
9 REFERÊNCIAS.....	81

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil no Brasil atualmente está em forte crescimento, e a necessidade de novas estruturas, assim como a melhoria da infraestrutura do país, aumentam proporcionalmente, à medida que a grande demanda de investimentos no país, assim como os eventos internacionais tornam-se realidade, fazendo da necessidade um problema latente e preocupante.

Diante deste cenário, e levando-se em consideração a necessidade de uma produção mais sustentável e economicamente favorável, empresas do setor buscam medidas para permanecerem no mercado cada vez mais exigente de qualidade e produtividade, visando o melhor custo-benefício possível.

Logo, o aumento da capacidade competitiva torna-se um assunto de fundamental importância às empresas do setor, e a sua efetivação esta diretamente relacionada aos métodos de minimização dos desperdícios de materiais e de tempo na execução dos projetos, de novas formas de processos produtivos para resolver problemas, como a não adequação dos diversos projetos quando integrados, a má organização das etapas construtivas, e os prazos não cumpridos, sem falar na mão de obra não qualificada cada vez mais frequente no canteiro de obras.

Dentro das limitações de recursos, aumento destas e da concorrência, é que, para um empreendimento ser bem sucedido faz-se necessário usar como fonte de sobrevivência o raciocínio, e utilizar fatores simples dentro da empresa como estratégias marcantes para o sucesso. Para isso, é necessário o máximo de racionalidade na realização de projetos ou das atividades produtivas, com o menor dispêndio de trabalho visando os custos mais positivos possíveis, com a mais alta taxa de produtividade e um máximo de segurança no ambiente de trabalho. A junção do planejamento, aquisição, administração, marketing e postura orientada ao cliente é o caminho para o sucesso almejado (GEHBAUER, 2004).

A racionalização da construção é o processo que engloba todas as análises prévias dos possíveis fatores que impedem o desenvolvimento contínuo da execução da obra, bem como o conjunto de ações que devem ser tomadas visando à otimização dos recursos humanos, materiais, temporais e financeiros disponíveis na obra, gerando assim um produto final, com maior qualidade e dentro do prazo para o cliente da construtora que se utiliza desta ferramenta.

Segundo Vale (2006) a racionalização pela integração dos procedimentos da qualidade, da segurança e saúde, além das questões ambientais na construção civil, implica em um maior controle das etapas que compreendem os processos da construção, da manutenção e nas alterações pós-ocupação.

Deste modo, o objetivo principal deste trabalho é um levantamento teórico sobre a racionalização da construção, com a verificação dos métodos utilizados, de maneira a maximizar os resultados dos investimentos feitos, nos recursos humanos, materiais, e financeiros.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Estudo sobre o nível de racionalização na construção civil por meio da avaliação e descrição de trabalhos e pesquisas realizadas na área.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Apresentar e discutir conceitos relacionados à racionalização da construção civil;
- Analisar o emprego de insumos na construção civil, com base em pesquisas já realizadas e dados bibliográficos;
- Identificar as possíveis melhorias lógicas na utilização dos processos que envolvem racionalização.

### 3 JUSTIFICATIVA

À medida que os anos passam, o custo da construção civil torna-se mais alto, em um intervalo de trinta dias, o custo nacional da construção, que em julho de 2014 fechou em R\$ 835,95 por metro quadrado, passou em agosto para R\$ 840,76, R\$ 377,73 referentes à mão de obra e R\$ 463,03 relativos aos materiais (IBGE, 2013).

Entretanto o aumento dos custos não vem diminuindo o fomento nesta área, como mostra os dados do ano de 2010 do IBGE, as 79,4 mil empresas do setor da construção realizaram incorporações, obras e/ou serviços no valor de R\$ 258,8 bilhões, assinalou-se um aumento real de 23,3% em relação ao ano anterior. A receita operacional líquida foi de R\$ 245,2 bilhões, registrou-se uma expansão real de 23,4% no confronto com o ano de 2009.

Levando em consideração que há uma necessidade latente de melhoria da infraestrutura do país, o que impossibilita a estagnação da construção civil, bem como o aumento contínuo do custo da construção e dos investimentos no setor, conclui-se que existe a necessidade de propiciar lucro às empresas responsáveis pela ampliação e melhoria da infraestrutura do país.

O lucro deve ser suficiente para a estabilização no mercado de trabalho, com o fomento na concorrência e o aumento das exigências dos clientes, cria-se um ciclo particularmente favorável ao país, possibilitando um melhor produto final.

É válido ainda salientar que o sistema de produção da construção civil, que possui uma forte dependência entre os elementos do processo, desde a concepção da ideia à realização do produto final, e um predominante uso da mão de obra para a realização das etapas, bem como diversos tipos de desperdícios de outros tantos recursos, tem um grande potencial para a racionalização quando analisado de forma abrangente.

Uma vez que a junção dessas informações beneficia às empresas interessadas, naturalmente surgirá um fomento na concorrência, já que o ideal das empresas é permanecer dentro do mercado.

Desta maneira, salienta-se a importância de pesquisas referentes às medidas de racionalização empregadas em todo o processo da realização do produto final na construção civil, uma vez que após a análise das considerações citadas anteriormente, verifica-se um potencial de aperfeiçoamento do processo construtivo e conseqüentemente uma evolução na indústria da construção civil.

## 4 METODOLOGIA

Baseado em livros, teses, dissertações, manuais técnicos, revistas, dentre tantos outros matérias disponíveis na internet, o trabalho têm caráter descritivo, exploratório e explicativo, de maneira a propiciar o levantamento, organização e registro dos materiais e dados referentes ao assunto, se atendo a isto. O objetivo é explanar sobre racionalização na construção civil, em todo o seu processo, com base nos levantamentos obtidos e na identificação das medidas que já estão sendo utilizadas para a minimização dos desperdícios de recursos empregados, bem como os meios que ainda estão em estudo para a maximização dos resultados.

## 5 A RACIONALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os setores produtivos industriais no Brasil estão cada vez mais envolvidos com o controle de qualidade de processos e produtos. Dentre estes setores, o segmento da indústria da construção civil precisa rever procedimentos, tendo em vista que o país apresenta neste setor grande desperdício de recursos. Tal fato pode ser traduzido por uma produtividade bastante inferior, quando comparada à de outros segmentos industriais (SABBATINI, 1989).

Franco (1992) afirma que: “... muitas são as pressões para que os diversos setores produtivos do país aumentem o nível de eficiência, tanto nos processos de produção, quanto dos produtos elaborados, visando às exigências das normas técnicas”.

A eficiência da indústria de construção civil é tão importante para a nação como o é para o industrial individualmente. Uma indústria eficiente se caracteriza por um reduzido volume de desperdício dos recursos localmente disponíveis, de toda ordem: materiais, humanos, energéticos, financeiros, temporais (SABBATINI, 1989).

Vale destacar também a absoluta necessidade de intervenções frente ao setor da construção civil, devido aos seus impactos ambientais e riscos aos trabalhadores envolvidos. Assim, a racionalização de processos construtivos é essencial, uma vez que busca esforços de racionalização, coloca-se o processo da produção e o canteiro de obras como fontes de observação, considera-se os fatores qualidade e tempo através de ações sobre o fluxo de material, percurso, estoques e otimização de mão-de-obra e equipamentos (MELO et. al. 2008).

Para Gehbauer (2004), o ato de racionalizar é analisar metodicamente as estruturas e processos existentes, com a finalidade de descobrir pontos fracos, como exemplo, tempos de espera desnecessários, falhas na preparação e transmissão de informações, estoques intermediários evitáveis e percursos de transporte demasiadamente longos, além de perceber as possibilidades de melhoria, analisá-las e

introduzi-las para assim testa-las e serem aceitas pelos envolvidos. A melhoria no sistema é a principal evolução da racionalização implantada.

Senge (1998) acrescenta que: as empresas que sobreviverão e se manterão líderes são as que enxergam o futuro, as que são capazes de assimilar as informações novas, mudar, se adaptar, logo, as que tenham capacidade de aprender.

Com o aumento das limitações de recursos e da concorrência, para um empreendimento ter sucesso faz-se necessário usar como fonte de sobrevivência o raciocínio, e utilizar fatores simples dentro da empresa como estratégias marcantes para o sucesso da mesma. Para isso, é necessário o máximo de racionalidade na realização de projetos ou das atividades produtivas, com o menor dispêndio de trabalho visando os custos mais favoráveis possíveis, com a mais alta taxa de produtividade e um máximo de segurança no ambiente de trabalho. A união do planejamento, aquisição, administração, marketing e postura orientada ao cliente é o caminho para o sucesso almejado (GEHBAUER, 2004).

Resumidamente, a racionalização divide-se em três passos: verificação dos pontos falhos da empresa; análise da possibilidade de melhorias e; por fim, implantação destas, e cada um desses passos têm métodos de se trabalhar. Na indústria da construção civil, a racionalização é um dos fatores preponderantes para o sucesso no ramo, por ser altamente visada pela quantidade de resíduos sólidos produzidos e pela imagem de agressora ao meio ambiente (MELO et al. 2008).

Na construção civil o conceito de perda é associado, com frequência, apenas aos desperdícios de materiais, toda via as perdas estendem-se além deste conceito e devem ser entendidas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital, ou seja, qualquer recurso, em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação. (FORMOSO, 1996).

Segundo Meseguer (1991 apud. ROCHA NETO, 2010), o desperdício advém, ou se origina de todas as etapas do processo de construção civil, que são: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes, execução e uso e manutenção.

## 5.1 CONSTRUTIBILIDADE

A construtibilidade pode ser entendida, segundo Oliveira (1995 apud. SILVA; GUIMARÃES, 2006), como a habilidade ou facilidade de se construir o que está em projeto. No início era considerado como sinônimo de facilitar a construção através do projeto, atualmente o conceito vem se ampliando, passando a significar a integração do conhecimento e experiência construtiva durante as fases de concepção, planejamento, projeto e execução da obra, visando a simplificação das operações construtivas através do pleno conhecimento da tecnologia construtiva a ser adotado no empreendimento.

Para Rodrigues e Heineck (2002) construtibilidade refere-se à colocação adequada do conhecimento e da experiência técnica em diversos níveis para racionalizar a execução dos empreendimentos, enfatiza-se a inter-relação entre as etapas de projeto e execução. A construtibilidade no projeto pode ser considerada como a aplicação desse conhecimento e experiência durante o desenvolvimento dos projetos, junto as diretrizes gerais que permitam racionalizar a execução dos empreendimentos.

Em estudo Tatum, Vanegas e Williams (1986 apud. CAMPOS; TEIXEIRA, 2007), caracterizam cinco condições básicas para a implementação do conceito da construtibilidade que são: o compromisso de todos no aumento da eficiência do investimento, abordagem dos objetivos do projeto, por via da construtibilidade; receptividade dos projetistas, envolvimento dos conhecimentos e experiências construtivas e adequada preparação da obra.

Silva e Guimarães (2006) citam, como exemplo, o problema comum da falta de comunicação entre o projetista e o construtor antes da execução, além do fato de que para maioria dos projetistas falta a experiência adequada em execução da construção. Nesse sentido, a construtibilidade procura fazer a integração entre o conhecimento e experiência em execução das construções com a elaboração dos projetos.

Ainda segundo os autores o conceito e ferramenta para a gestão de projeto a construtibilidade, esta associada a diversos procedimentos de gestão e de acompanhamento do projeto, como as revisões dos aspectos construtivos do projeto de edificação, a análise da concepção de projeto, otimização dos processos ou métodos construtivos e a utilização de processos construtivos mais eficientes.

Desenvolver um projeto com base na racionalização construtiva e na construtibilidade necessita de uma estrutura organizacional de projeto que proporcione (RODRÍGUES; HEINECK, 2002):

- Integrar as etapas de projeto e execução, reduzindo a diferenciação horizontal do processo de projeto, através da melhor comunicação entre os profissionais das diversas especificações, inclusive clientes;
- Instituir reuniões regulares compostas por esta equipe;
- Criar a função específica do "coordenador de projeto" que gerenciar todo o processo, aumentando a diferenciação vertical do processo, mas amenizando as consequências da diferenciação espacial entre os especialistas de projeto, facilitando a comunicação, coordenação e controle do processo;
- Formalizar o processo de projeto, através do desenvolvimento de parâmetros e indicadores de projeto, do registro das alterações de projeto em obra, da criação de padrões;
- Descentralizar a tomada de decisão, de modo que as decisões de projeto sejam tomadas de forma conjunta, consensual e respaldada em informais técnicas e especializadas.

O termo projeto pode referir-se tanto ao projeto do produto (edificação), quanto ao processo produtivo do mesmo. No caso deste ultimo, pode ser citado como exemplo o planejamento da sequência de execução, elaboração de cronogramas, planejamento do layout do canteiro, previsões de suprimentos, definições de máquinas e equipamentos e etc. (RODRIGUES, 2005).

## 6 LOGÍSTICA X RACIONALIZAÇÃO

Para um melhor aproveitamento das novas técnicas e pesquisas relacionadas à otimização da indústria da construção civil, é necessário que se tenha um mínimo de conhecimento sobre logística empresarial, e por sua vez, os sistemas de gestão da produção, historicamente consolidadas, como Just in Time, Kanbans, Rede PERT/CPM, dentre tantas outras ferramentas relacionadas à gestão da produção de qualquer organização. Faz-se necessária essa compreensão uma vez que a maioria das novas técnicas tem como base esses sistemas.

A busca pela evolução e melhoria da qualidade fez com que as empresas adotassem novas atividades na tentativa de transformar o processo de produção. O principal objetivo dessa transformação seria a elevação do nível global de competitividade da economia e melhoria dos processos de gestão. (FRAGA, 2011)

Segundo Viera (2006) é indispensável que a forma de gestão da produção no seu ambiente produtivo seja encarada, como um diferencial estratégico e, como tal, mereça toda atenção técnica, gerencial e administrativa.

### 6.1 FUNDAMENTAÇÃO

O presente trabalho exige algumas fundamentações para seu melhor aproveitamento, mas não requer a necessidade de embasamento histórico ou uma definição detalhada, já que o assunto principal é racionalização, logo o trabalho se atem a definições sucintas e de fácil compreensão. Portanto as definições a seguir não são as únicas existentes sobre Administração Empresarial.

### 6.1.1 Logística

Segundo Barbosa et. al (2007) a logística é “...um processo de planejar, implementar e controlar de maneira eficiente o fluxo e a armazenagem de produtos, bens, serviços e informações associadas, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do consumidor.” Ele ainda contextualiza operacionalmente a logística como: a função sistêmica de otimização do fluxo de materiais e informações de uma organização. Para ele a logística integra duas ou mais atividades gerenciais e operacionais, planejando e implantando o fluxo de materiais e de informações.

Para Meirim (2006) a função essencial da Logística é entregar o produto certo, no local certo, no tempo desejado pelo cliente e a um custo adequado, sendo assim, o aspecto do sistema de gestão de produção empregado pela organização é primordial.

Empresas da construção civil, de grande porte, possuem departamento de logística que cuida da administração de materiais, de manufatura e da distribuição física, com as diversas atividades relacionadas, porém como funções totalmente estanques, independentes e discretas. Sabendo-se que a característica intrínseca da logística é a integração, coordenação e controle dessas atividades, pode-se concluir que não está sendo empregada uma logística real, uma vez que não encaminha a um aumento da produtividade, nível de serviço e uma redução de custos (BARBOSA, 2008).

O autor ainda propõe a implementação de um administrador logístico para gerenciar o canteiro em harmonia com o engenheiro da obra, o operador logístico, com elevado conhecimento da tecnologia logística, irá materializar todo o processo logístico, ou seja, a pessoa que irá planejar, implementar e controlar todo o fluxo de materiais, serviços, mão de obra e a armazenagem com as respectivas informações associadas, atribuindo-se a ele, portanto, a gestão da cadeia de suprimentos necessários à

produção, seja de materiais, serviços e mão-de-obra, deixando para o engenheiro de obras a análise, acompanhamento e o controle das especificações técnicas do projeto.

É comum que o engenheiro de obra tenha que desempenhar todas as tarefas referentes, desde o processo logístico ao controle da execução, tarefas estas que sobrecarregam quando desempenhadas por uma só pessoa, e desta maneira passam a não serem executadas da melhor maneira, logo a divisão das responsabilidades e deveres, é uma opção para se implantar com mais eficiência a lógica, e por sua vez a racionalização, em obra.

### 6.1.2 Gargalo

Para Almeida (2010) gargalo ou restrição refere-se a qualquer limitação que impeça o sistema de atingir níveis elevados de desempenho em face de seus objetivos. Restrições podem ser limitações de capacidade produtiva num centro de trabalho, regras inflexíveis de trabalho, trabalhador com inadequada habilidade para desempenhar suas funções e mesmo, uma filosofia de produção que não atenda os objetivos de desempenho da empresa.

Segundo Paris (2002) a identificação desses gargalos possibilita diversas análises e por sua vez decisões sobre o processo de fabricação do produto final, como o mesmo autor diz definidos os gargalos podemos empregar um método de cinco passos como forma de direcionar as ações da programação da produção dentro destas regras, qual seja:

- 1) Identificar os gargalos restritivos do sistema;
- 2) Programar estes gargalos de forma a obter o máximo de benefícios (lucro, atendimento de entrega, etc.);

- 3) Planejar os demais recursos em função da programação anterior;
- 4) Investir prioritariamente no aumento da capacidade dos gargalos restritivos do sistema;
- 5) Alterando-se os pontos gargalos restritivos, voltar ao passo 1.

Logo o sistema será sempre atualizado e corrigido interruptamente, de maneira a obter o melhor aperfeiçoamento no decorrer do tempo, até que os gargalos sejam extintos. Alguns autores dizem que isso nunca irá ocorrer, uma vez que após a eliminação de um gargalo, sempre surgirá outro, e assim sucessivamente até que o primeiro gargalo encontrado passe a ser novamente o gargalo a ser estudado e corrigido, criando um ciclo sem fim, maximizando o processo.

Paris (2002) afirma que gargalo é um ponto do sistema produtivo (máquina, transporte, espaço, homens, demanda etc.) que limita o fluxo de itens no sistema. Podemos identificar quatro tipos básicos de relacionamento entre recursos gargalos e não-gargalos.

A partir da constatação de que os recursos produtivos podem ser divididos nestes dois grupos (gargalos e não-gargalos), e de que a forma como eles se relacionam definem: o fluxo produtivo; os custos com estoques; e as despesas operacionais. Um conjunto de 10 regras é usado para direcionar as questões relativas ao sequenciamento de um programa de produção. Estas regras são descritas a seguir (PARIS, 2010):

Regra 1: A taxa de utilização de um recurso não-gargalo não é determinada por sua capacidade de produção, mas sim por alguma outra restrição do sistema.

Regra 2: Utilização e ativação de um recurso não são sinônimos.

Regra 3: Uma hora perdida num recurso gargalo é uma hora perdida em todo o sistema produtivo.

Regra 4: Uma hora ganha num recurso não-gargalo não representa nada.

Regra 5: Os lotes de processamento devem ser variáveis e não fixos.

Regra 6: Os lotes de processamento e de transferência não necessitam ser iguais.

Regra 7: Os gargalos governam tanto o fluxo como os estoques do sistema.

Regra 8: A capacidade do sistema e a programação das ordens devem ser consideradas simultaneamente, e não sequencialmente.

Regra 9: Balanceie o fluxo e não a capacidade.

Regra 10: A soma dos ótimos locais não é igual ao ótimo global.

Soares et al ( 2008), exemplificam a importância de se encontrar os gargalos do sistema com um trabalho realizado em uma indústria de lajes pré-fabricadas, localizada na cidade de Manaus-AM e restringindo-se à fabricação de vigotas treliçadas, constatou-se um gargalo significativo na linha de produção e por sua vez um gasto indesejável com horas extras , conclui-se que para a mesma aumentar sua produção sem aumentar seus custos fixos, nem seu quadro de funcionários, era necessário um aumento das horas disponíveis pela eliminação do gargalo já identificado, que era o trabalho manual de corte e dobra da matéria-prima pelo ferreiro e seu ajudante.

Desta maneira, ele minimiza os efeitos gerados pelo gargalo, uma vez que se passa a destinar um maior tempo para a execução de tal tarefa, evitando a geração de novos bloqueios e a interrupção da atividade, que é tão indesejável.

Vale ressaltar que uma vez identificado e corrigido um gargalo, deve-se observar todo o processo e encontrar o novo gargalo e assim sucessivamente, adquire-se um melhor tempo de produção, e a eliminação os desperdícios de tempo e mão de obra torna-se real.

Segundo Linard et al (2006) a análise da situação existente através de observação, medição e registro, é o primeiro passo para qualquer esforço de racionalização. Ainda segundo o autor, tempos de espera desnecessários, falhas na preparação e transmissão de informações, estoques intermediários evitáveis e percursos de transporte demasiadamente longos, são alguns dos exemplos de gargalos que podem ser identificados com a análise metódica das estruturas e processos existentes.

Porém para a identificação de gargalos como esses faz-se necessário à transparência do processo, para Bernardes (2001) existe a possibilidade de diminuir a ocorrência de erros na produção conferindo-se uma maior transparência aos processos produtivos, pois quando esse princípio é considerado a identificação dos problemas na execução dos serviços é facilitada.

A identificação dos gargalos e eliminação dos mesmos são mencionados em praticamente todos os sistemas de produção e gestões administrativas, é de suma importância conhecer o processo e suas limitações para assim ter uma melhor organização do processo, a análise dos resultados obtidos em tempo e custo essencial, é o primórdio para a tomada de decisões no canteiro de obras e por sua vez o início do processo de racionalização da construção civil.

### 6.1.3 Sistema da Gestão da Produção

#### 6.1.3.1 Produção Enxuta ou Sistema Toyota de Produção

Para Ghinato (2000), o Sistema Toyota de Produção (TPS) é uma filosofia de gerenciamento que procura aperfeiçoar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, e ainda aumentando a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização.

Ainda segundo o autor o Sistema Toyota de Produção é também conhecido como “Sistema de Produção Enxuta”. A produção “enxuta” (do original em inglês, “*lean*”) é, na verdade, um programa de pesquisas para definir um sistema de produção muito mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa; um sistema habilitado a enfrentar melhor um mercado em constante mudança. Na verdade, produção enxuta é um termo genérico para definir o Sistema Toyota de Produção (TPS).

A redução dos custos através da eliminação das perdas deve passar por uma análise detalhada da cadeia de valor, isto é, a sequência de processos pela qual passa o material, desde o estágio de matéria-prima até ser transformado em produto acabado. O processo sistemático de identificação e eliminação das perdas deve ainda passar pela análise das operações, focando na identificação dos componentes do trabalho que não adicionam valor.

Na visão de OHNO (1997), o grande idealizador do Sistema Toyota de Produção, a Produção Enxuta é o resultado da eliminação de sete tipos clássicos de desperdícios, também denominado de perdas, existentes dentro de uma empresa.

- Perda por super-produção (quantidade e antecipada);
- Perda por espera;

- Perda por transporte;
- Perda no próprio processamento;
- Perda por estoque;
- Perda por movimentação;
- Perda por fabricação de produtos defeituosos.

Estudos de racionalização estão sujeitos, como em todos os processos de mudança, ao ciclo PDCA, no qual cada mudança precisa ser planejada, com avaliação da viabilidade econômica (P); definidas e implantadas as melhorias, o novo processo é realizado (D), sendo medidos os seus resultados (C); ocorrendo desvios entre o planejado e o realizado, ações de modificações são necessárias (A), configurando um novo planejamento (P) (GUIMARÃES JR et al, 2006).

Sem considerar a Construção *lean* ou construção enxuta como a agregação de técnicas a um processo produtivo convencional, mas sim uma nova concepção de processo, por sua vez integrado por meio de balanceamento e da organização de fluxo de atividades, Rosenblum et al (2007) em um artigo de avaliação, concluíram que as proposições de políticas operacionais, com grandes investimentos iniciais e mudança nas competências do projeto com planejamento integrado, reforçam e se harmonizam às políticas de qualidade e mão de obra discutidas e avaliadas em seu trabalho. Alguns procedimentos operacionais propostos se revelam adequados aos objetivos de fluxo e balanceamento das atividades como na organização de módulos construtivos e a montagem de um canteiro de abastecimento de *layout* específico.

Ferraz et al (2005), em seu artigo, concluíram após demonstrar e explanar o sistema de planejamento e gestão utilizado por uma construtora, e com enfoque nos aspectos ligados à construção enxuta e racional, que a operacionalização de conceitos da filosofia *lean*, da construção racional são possíveis no ramo da construção civil. Porém para que isso se torne uma realidade há necessidade de tornar essa mudança de mentalidade em uma prioridade para todos os envolvidos nas obras, desde aquele

de maior hierarquia na empresa, até aquele de menor qualificação, passando inclusive por agentes externos.

O comprometimento da alta gerência com padrões pré-estabelecidos, sustentados pela ética, é fundamental para que se tenha firmeza no ideal, principalmente para implantar essa cultura de minimização e de sua importância, sendo o primeiro passo para que os envolvidos se sintam comprometidos. É de total importância ouvir as pessoas e utilizar-se de suas opiniões já que são elas que iram gerar os resultados, sendo estes alinhados com os princípios e ideais da empresa.

O envolvimento das pessoas no processo, ouvindo-as e familiarizando-as à iniciativa de melhora é o melhor caminho para se obter resultados positivos já que em todas as etapas elas são de fundamental importância e muitas vezes os fatores que geram mais interferência nos resultados.

Nenhum planejamento pode substituir a capacidade de raciocinar das pessoas envolvidas na produção, que estão bem familiarizadas com o trabalho. Contudo, este raciocínio deve ser dirigido de forma objetiva em uma mesma direção (GEHBAUER et. al., 2002).

Segundo Giroldo et al (2006) a participação dos empregados na definição do melhor método de produção faz com que iniciativas de melhorias sejam constantemente renovadas ao longo do tempo, melhorando a eficiência do processo produtivo e possibilitando a melhoria continuada.

Novais e Jungles (2002) afirmam que a concessão de canais de informação, discussão e participação aos operários podem torná-los comprometidos com as melhorias, além de possibilitar melhores condições de gerenciamento.

#### 6.1.3.1.1 Just in Time (JIT)

O JIT é um sistema muito difundido pela indústria e atualmente é uma filosofia gerencial, que procura não apenas eliminar os desperdícios, como também colocar o componente certo, no lugar certo e na hora certa. O JIT conduz a estoques bem menores, custos mais baixos e melhor qualidade do que os sistemas de produção convencionais (ROSSETTI et al, 2008).

Segundo Krajewski e Ritzman (1996 apud. PARIS, 2002) o sistema JIT focaliza na redução da ineficiência do processo de produção, para melhorar continuamente o processo e a qualidade do produto ou do serviço, sendo caracterizado como uma filosofia de melhoramentos contínuos. Com o JIT a produção é realizada na quantidade e data necessárias para o uso imediato, minimizando assim o nível de inventário.

Desse modo, os problemas tratados no âmbito dessa abordagem dizem respeito à eliminação ou minimização de elementos (desperdícios) e de atividades que não agregam valor ao produto, garantia de qualidade, redução de custos, balanceamento de quotas de produção, programação integral das entregas, desenvolvimento de novos produtos, melhoramento da produtividade e gerenciamento do fornecedor.

Para Rossetti et al (2008) as metas colocadas pelo JIT são alcançadas em um movimento contínuo de aperfeiçoamento, denominado *Kaizen*, que engloba os seguintes aspectos: zero defeitos; tempo zero de preparação; estoques zero; movimentação zero; quebra zero; lead time zero; lote unitário (uma peça de cada vez).

“Um dos procedimentos da nossa construtora é não estocar materiais. Adotamos o sistema Just in Time em todas as obras”, diz o engenheiro Eduardo Zaidan, diretor da RFM Construtora para a matéria sobre a gestão da construtora na e-Contrumarket. Segundo ele esta prática se justifica por uma questão de caixa e como

medida de segurança, para evitar roubo e assegurar a entrega do material de acordo com as necessidades da construção.

#### 6.1.3.1.2 Kanban

O *Kanban* é um método de autorização da produção e movimentação do material no sistema JIT. Na língua japonesa a palavra *Kanban* significa marcador (cartão, sinal, placa ou outro dispositivo) usado para controlar a ordem dos trabalhos em um processo seqüencial. O *Kanban* é um subsistema do JIT, eles não são sinônimos (ROSSETTI et al, 2008).

No conceito *Kanban*, há ordens de serviço com quantidades predefinidas que são "emitidas" pelo próprio usuário, que irá utilizar este determinado material, toda vez que for necessário. Temos assim o efeito de "puxar", o que na verdade nada mais é do que o princípio da reposição - "toda vez que a minha disponibilidade abaixar peço reposição para continuar o processo sem interrupções" (VERAS, 2009).

O *Kanban* viabiliza o processo de puxar a produção através de solicitações das atividades clientes em termos de tempo (primeira solicitação pedida é a primeira a ser atendida), quantidade (montante pré-definido, usualmente um contendor, associado a cada cartão), e modelo (cada cartão está associado a uma determinada peça ou modelo) (ALMEIDA, 2010).

Barros Neto et al (2005) a partir de um trabalho junto a empresas que participam de um programa de inovação na construção civil (INOVACON), que acontece em Fortaleza/CE, apresentaram exemplos de implantação dos princípios da mentalidade enxuta (Sistema Toyota de Produção) e por sua vez os *kanbans* obtiveram bons resultados, os autores afirmam que houve boa receptividade por parte das equipes de produção. Dentre as melhorias propostas e implantadas na obra, a que surtiu o melhor efeito, com relação ao envolvimento dos operários da obra, foi o sistema

de *kanbans*. Através do acompanhamento da utilização pôde-se constatar a eficácia do sistema, que conseguiu alcançar os objetivos esperados, como por exemplo: controle de materiais; autogestão da produção (ritmo) pela equipe de trabalho; e nivelamento da produção, principalmente, dos materiais que passam pela betoneira e pelo guincho de carga.

É importante salientar que o sistema não atua diretamente na produtividade das equipes, e sim, em fatores que podem influenciá-la. No caso da obra em estudo pelos autores, por exemplo, houve um ganho no tempo do servente, que não precisava mais descer para solicitar massa ao betoneiro, permanecendo assim mais tempo com a equipe de pedreiros.

#### 6.1.3.1.3 Rede PERT/CPM

A técnica mais empregada para planejar, sequenciar e acompanhar projetos é a técnica conhecida como PERT/CPM.

Para Paris (2002) O PERT (Program Evaluation and Review Technique) e o CPM (Critical Path Method), que atualmente são conhecidos, simplesmente, como técnica PERT/CPM, permite que os administradores do projeto tenham: uma visão gráfica das atividades que compõem o projeto; estimativa de quanto tempo o projeto consumirá e o tempo de folga disponível; e ainda é possível encontrar as atividades que são críticas para o atendimento do prazo de conclusão do projeto.

A ferramenta PERT/CPM ilustra, através de um Diagrama de Rede, as atividades e o avanço de cada tarefa ou do projeto todo. Por meio dele é possível identificar quando deverá ser iniciada cada tarefa, quanto tempo levará a execução de cada uma delas, quais atividades estão sendo executadas ao mesmo tempo e toda a interdependência entre resultados (DUFFY, 2006).

Barra et al (2013) em um estudo de caso apresentaram uma aplicação da ferramenta PERT/CPM através software MS Project no planejamento e gerenciamento de um projeto de construção de uma escola. No fim, constatou-se que é uma ferramenta de extrema relevância, pois permite uma visualização de fácil entendimento do sequenciamento das atividades e determinação de quais atividades são críticas, auxiliando nas decisões de planejamento e execução de obra. Em outras palavras é possível visualizar quais as atividades que estão influenciando diretamente no cronograma de execução da obra, e, conseqüentemente, ofertar uma melhor atenção no planejamento de tais atividades.

Em um estudo de caso, Oliveira (2011) analisa uma obra específica de uma construtora da cidade de Ribeirão Preto - SP, com uma simulação do projeto revela qual seria o impacto da implantação da rede PERT/COM e os resultados foram que o prazo previsto para o término da obra era de 164 semanas, porém a análise crítica do cronograma revela que a obra pode ser concluída com 156 semanas, uma redução de 8 semanas. Toda via, ele ressalta que a aplicação do método PERT/CPM necessita de alguns artifícios, algumas considerações para a sua execução. Por mais que este processo não seja preciso, deve-se atentar ao fato de considerar possibilidades de ocorrências de eventos, cuja implantação do plano servirá como suporte na tomada de decisão. Agregando o método PERT/CPM com a simulação dos eventos, as aproximações utilizadas nas distribuições de probabilidade vão se tornando cada vez mais precisas, e dessa maneira um melhor controle.

E como já foi citado até então, os resultados das gestões implantadas em uma construtora, estão diretamente relacionados ao controle que se tem sobre o processo, como suas limitações (gargalos), o tempo de execução, o uso dos materiais e da mão de obra.

Com total domínio sobre os resultados obtidos no processo existente, e realizando-se uma análise destes, torna-se possível tomar as decisões quanto ao melhoramento do processo e por sua vez um melhor entendimento sobre os desafios a serem enfrentados para se obter os resultados almejados.

#### 6.1.4 Sistema de Gestão da Qualidade

Segundo Meirim (2006) os princípios básicos da Gestão da Qualidade são a filosofia da melhoria contínua, identificação e eliminação dos erros, focos nos processos, entendimento das necessidades dos clientes internos e externos, cooperação dos trabalhadores, cultura de aprendizagem, uso de métodos e técnicas estatísticas como instrumentos de mensuração de resultados.

Na aplicação das normas, a garantia da qualidade consiste em realizar quatro condições básicas (COSTA, 2001):

- Saber fazer consiste no domínio da tecnologia necessária para a execução do serviço ou produto;
- Descrever o que faz através de procedimentos, registrando os resultados;
- Fazer o que descreve: executar em conformidade com os procedimentos;
- Registrar ou provar através de documentação e registros que é capaz de executar os dois itens precedentes.

A atividade de gestão estratégica da qualidade, junto com as legislações de defesa do consumidor, além de normas aplicáveis na cadeia de interação cliente fornecedor, como a família ISO 9000 transformaram definitivamente o escopo da qualidade, consolidando-a em todos os pontos dos negócios. A qualidade passou a ser avaliada em cada setor da produção, sendo imprescindível sua apreensão tanto de um ponto de vista interno (organização) como externo (cliente), ou seja, o processo produtivo desde o projeto do produto até a sua chegada ao mercado consumidor; estará interligado com o gerenciamento estratégico da qualidade, no qual a preocupação maior é poder concorrer num determinado mercado, buscando-se não só satisfazer as necessidades do consumidor, mas também a do próprio mercado (FRAGA, 2011).

Segundo o autor, na construção civil o movimento da qualidade com as empresas se iniciou por meio de um programa de capacitação de empresas construtoras em gestão da qualidade voltada para pequenas e médias empresas. Com o tempo diversas empresas passaram a adotar sistemas de gestão da qualidade de acordo com o SiQ-C do PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat) e outros programas, dentre eles a ISO 9001. Para Floriani et al (2008) de maneira simplificada pode-se afirmar que o PBQP-H é uma aplicação da ISO 9001:2000 ao setor de construções.

A implantação de um sistema da qualidade dentro de uma empresa, neste caso a certificação ISO 9001, auxilia no gerenciamento dos processos e atividades, através da documentação de formulários e registros para assegurar a existência de um controle e ordem na forma de como a organização conduz seu negócio, para que tempo, dinheiro e outros recursos sejam utilizados com eficiência (MELLO et al, 2009).

As normas da família NBR ISO 9000 (ABNT, 2000), que seguem logo abaixo, foram criadas para apoiar todo tipo e tamanho de organizações, na implementação e operação de sistemas da qualidade eficazes.

- NBR ISO 9000 cita e explica os fundamentos de sistemas de gestão da qualidade e determina a terminologia para os mesmos.
- NBR ISO 9001 explicita requisitos para um sistema de gestão da qualidade, para que a organização saiba onde precisa demonstrar sua capacidade para ofertar produtos que supram os requisitos do cliente e os requisitos regulamentares aplicáveis e objetiva tornar a satisfação do cliente ainda maior.
- NBR ISO 9004 cita e explica os caminhos para melhorar o desempenho da organização e o contentamento dos clientes e das demais partes interessadas.
- NBR ISO 19011 estabelece diretrizes sobre auditoria de sistemas de gestão da qualidade e ambiental.

Estes documentos juntos formam um conjunto de normas que facilita a compreensão mútua no comércio nacional e internacional.

Floriani et al (2008) estudaram a possibilidade de implantação de sistemas de gestão de qualidade tais como ISO 9000 e Programa de Qualidade e Produtividade

no Habitat PBQP-H em empresas que atuam no ramo da construção civil, analisando as vantagens e desvantagens, e assim a tomada de decisão de implantação, conclui-se que na pesquisa com os colaboradores pode-se observar que de maneira geral o grupo percebe como é importante a adesão ao programa de qualidade idealizado pela diretoria da empresa. Toda via há dúvidas quanto à capacidade de atingirem-se os objetivos da implantação do programa e obter-se a certificação além da preocupação com custos e procedimentos de controle que se tem impressão e informações que serão aumentados.

A qualidade do produto foi percebida pelos proprietários do empreendimento como sendo o item de maior importância. Além da qualidade, aparecem outros cinco atributos que podem ser entendidos como elementos onde a qualidade está subjetivamente presente, já o preço/custo do imóvel, que é um bem que possui naturalmente um alto custo de produção, não obteve uma posição relevante no estudo dos autores.

Executar de maneira qualificada é um investimento, já que uma vez aplicado o sistema e obtido o êxito na implantação do mesmo, a tendência é que os produtos ofertados ao público passem a ser de melhor qualidade, o resultado logicamente são clientes mais satisfeitos e um aperfeiçoamento ininterrupto do processo, agregando valor à imagem da empresa.

## 7 RACIONALIZAÇÃO POR ETAPAS DE CONSTRUÇÃO

### 7.1 PROJETO

#### 7.1.1 Importância da racionalização

Há uma grande importância na implantação da racionalização construtiva a partir da fase inicial do empreendimento, vale ressaltar que a etapa do projeto surge como a mais conveniente para a introdução, mesmo que parcial, de medidas voltadas para a racionalização. Desta forma, recursos como: planejamento, projeto, sistemas de informação integrando projetistas, que são utilizados desde a concepção, viabilização e projetos dos empreendimentos, têm se mostrado muito mais efetivos e de resultados mais expressivos, que a simples mudança de ferramentas e técnicas no momento da execução. Esta forma mais ampla de enxergar a Racionalização Construtiva exige, em contrapartida, ações também mais amplas no ambiente da empresa, para que seus resultados se consolidem na cultura construtiva e se tornem permanentes (FRANCO, 1992).

Segundo Oliveira (2004), é essencial direcionar a atenção ao projeto, sendo dilatado assim seu prazo de modo que se incorporem neste momento todas as questões inerentes à fase de execução do produto, minimizam-se improvisações em obra, e com isso parte da incerteza durante a realização da obra, que muitas vezes é fonte de problemas futuros.

A falta de padronização da nomenclatura e, principalmente, de uma metodologia consistente e disseminada, aliadas à escassez de dados confiáveis, tem gerado uma série de controvérsias relativas à quantificação e, especialmente, quanto à proposição de alternativas para se combater eventuais desperdícios existentes (SOUZA, 1997).

Para Rocha Neto (2010) as deficiências de projeto e planejamento, dificultam a construtibilidade da obra que, normalmente, são causados pela falta de detalhamento no projeto, bem como a ineficiência da gestão administrativa que enfatiza a correção dos problemas ao invés da prevenção dos mesmos. Isto ocorre devido ao pouco envolvimento dos projetistas com o processo produtivo.

É extremamente importante que todos os intervenientes adotem uma visão global do processo da construção. Que segundo Sabbatini (2007) é uma visão que, balizada pela necessidade de racionalização, promova a somatória de esforços e o trabalho conjunto dos planejadores, projetistas, construtores, gerenciadores, proprietários, vendedores, etc., em torno de um objetivo comum, que é a racionalização.

Tatum (1987) apud. Sabbatini (2007) ainda colocam que, a consideração da construtibilidade pode evitar três tipos genéricos de problema: “Primeiro, o projeto preparado sem os fatores de produção irá requerer uma etapa de construção de maior amplitude que a mínima necessária para atender os objetivos do projeto (...); segundo, a não consideração dos fatores de produção na etapa de projeto poder aumentar as dificuldades construtivas (...) e terceiro, a omissão de envolver a construção nas fases iniciais do projeto aumenta o risco de problemas devido a uma inadequada coordenação projeto-construção ou a um insuficiente planejamento da construção”.

Para Sabbatini (1989), dois aspectos destacam-se como altamente positivos e justificam esta expectativa em torno do potencial da construtibilidade como alavanca da racionalização construtiva. Primeiro a preconização da total integração do projeto e da construção, de modo a consolidar um efetivo canal de informação de duplo sentido, priorizar as necessidades construtivas e racionalizar as decisões de projeto, obrigando a projetar a solução que considera realmente todos os parâmetros que importam.

O projeto arquitetônico é o principal projeto de uma edificação, pois todos os demais serão elaborados a partir do mesmo. Desta forma, um projeto arquitetônico mal concebido trará problemas durante toda a vida útil da edificação, desde a concepção dos projetos complementares, retrabalhos no canteiro na fase de execução e altos custos de manutenção da edificação (FIGUEIRÓ, 2009).

## 7.1.2 Implantação dos processos de racionalização

### 7.1.2.1 Planejamento

Para Saldanha e Solto (1997) a fase de concepção, que compreende a identificação das necessidades dos clientes e a análise de viabilidade técnico-econômica que satisfaçam clientes e empresa, é fundamental, independente do sistema de construção adotado. Logo é importante que se tenha em mente desde o início a sua devida importância.

Ainda que o autor tenha majorado a importância desses aspectos, não há dúvidas que é também de muita importância que os profissionais envolvidos no processo de projeto conheçam bem o sistema de construção que será adotado.

A análise da viabilidade de um empreendimento é de grande importância principalmente quando se leva em consideração o objetivo principal de uma empresa, que é o lucro, se um empreendimento não é viável a empresa pode estar se prejudicando imensamente, caminho muitas vezes sem volta. Quanto à necessidade dos clientes é simples de se compreender que, para uma empresa permanecer no mercado ele deve ofertar ao cliente o mais próximo possível do que ele procura, e com toda certeza um produto que atende as necessidades e desejos do cliente e com um bom custo-benefício, para ambas as partes, é o melhor caminho a se seguir.

Portanto são destacados outros aspectos importantes para se desenvolver na etapa do projeto de maneira a racionalizar o processo, diminuir a incidência de alterações, identificando as causas (gargalos) e eliminando-as, e caso ocorra possibilitar que se visualizem todas as alterações e em todas as áreas que estão envolvidas no processo de elaboração de um projeto, de maneira a possibilitar a perfeita compatibilização de todos os projetos referentes à obra. A chave disso é a

comunicação entre os profissionais envolvidos, para que possam ofertar as informações necessárias para os responsáveis antes de se iniciar a execução.

#### 7.1.2.2 Fluxo de informações

Ulrich e Sacomano (2000) acreditam que o essencial para o sucesso da gestão do processo de projeto é a definição e transmissão sistematizada de informações que caracterizam o produto projeto, o que torna a comunicação entre os agentes um assunto fundamental. O fluxo de informações durante o processo de projeto envolve a clara comunicação de todos os condicionantes (ou entradas) do projeto aos projetistas, juntamente a uma coordenação de projetos eficaz.

Ainda segundo o autor a sistematização do fluxo de informações no processo de projeto vem sendo objeto de estudo por parte de muitos autores. As principais dificuldades, para a perfeita comunicação entre os agentes, surgem da falta de uma linguagem comum a todos os agentes, já que os profissionais envolvidos têm formações diferentes e características intrínsecas a cada especialidade e ao fato da própria informação ser uma entidade em contínua definição e produção, tornando muito rápido o processo de comunicação.

Anteriormente mencionada, a importância da comunicação se estende desde a análise da viabilidade do produto até a entrega da obra finalizada, para os projetos a inexistência de comunicação entre a execução, bem como todos os projetistas, pode gerar diversos tipos de perdas indesejáveis, também mencionadas antes neste trabalho.

Para Ulrich e Sacomano (2000), por conta da necessidade de integração no momento do projeto das várias necessidades e visões existentes ao longo do ciclo de produção e utilização do edifício, uma nova metodologia de projetos vem sendo discutida e analisada, baseada nos conceitos e premissas da engenharia simultânea

(atualmente empregada com sucesso no desenvolvimento de novos produtos em muitas indústrias).

O principal fundamento da Engenharia Simultânea é trazer para as primeiras fases de desenvolvimento do produto todos os participantes do processo, levando em consideração as necessidades dos clientes internos (envolvidos no processo de produção) e externos (compradores e usuários) (ULRICH; SACOMANO, 2000).

Fabrício e Melhado (2000) adaptaram o conceito para o caso específico da construção civil, já que os objetivos para aplicação da engenharia simultânea são análogos aos da indústria de manufatura: aumento de produtividade, diminuição dos prazos de concepção e disposição do produto, ampliação da qualidade e redução dos custos. Assim, apresentam o conceito de Projeto Simultâneo, que é entendido como uma adaptação da engenharia simultânea que almeja a convergência, no projeto do edifício, dos interesses dos diversos agentes participantes do ciclo de vida do empreendimento, considerando precoce e globalmente as repercussões das decisões de projeto na eficiência dos sistemas de produção e na qualidade dos produtos gerados, envolvendo aspectos como construtibilidade, habitabilidade, manutenibilidade e sustentabilidade das edificações.

#### 7.1.2.3 Modificações em projeto

Quando questionados a respeito das modificações nos projetos durante a execução, os engenheiros apontaram as seguintes causas: (SALDANHA; SOLTO, 1997).

- Personalização dos apartamentos;
- Desinteresse e/ou desconhecimento do arquiteto em detalhes;
- Falhas de projeto;

- Falta de planejamento;
- Incompatibilidade de projetos;
- Falhas de execução;
- Redução de desperdícios e custos;
- Mudanças de proprietário;

Segundo o mesmo autor a maioria das obras é iniciada apenas com o projeto arquitetônico e estrutural, sem a elaboração dos projetos executivos. A inexistente ou o ineficiente gerenciamento se traduz nesta falta de projetos no início das obras, impossibilitando o estudo de compatibilização entre eles e provocando retrabalhos. Conforme informações dos engenheiros, é comum as obras serem iniciadas sem a elaboração dos projetos de instalações, impossibilitando a colocação de passagens, esperas ou das próprias tubulações, elétricas, hidro sanitárias e de combate a incêndio durante a execução da estrutura, sendo necessário fazer furos nas lajes e vigas ou aumentar a espessura do revestimento afim de possibilitar a passagem das tubulações.

Eles afirmam que apesar de ser grande a incidência de alterações nos projetos, normalmente os projetistas não são consultados, nem mesmo comunicados. No caso dos calculistas, estes são chamados apenas quando são detectadas falhas nos projetos ou fissuras durante a execução, e dificilmente consultados para avaliar as alterações no comportamento da estrutura provenientes da inclusão ou eliminação de paredes.

Para Teichholz e Fischer (1994 apud. OLIVEIRA, 2004) as alterações nos trabalhos realizadas por um dos projetistas podem introduzir conflitos no desenvolvimento do projeto, pois não se refletem automaticamente nos desenhos, relatórios e banco de dados dos demais participantes. Sem procedimentos de elaboração que possam registrar e revisar os desenhos de forma sistemática, os erros são inevitáveis. O tempo adicional requisitado para estes procedimentos aumentam o custo do processo.

#### 7.1.2.4 Compatibilização

Outro aspecto muito importante e é a compatibilização dos projetos de uma edificação. De acordo com Callegari e Barth (2007) a compatibilização é a atividade de gerenciar e integrar os vários projetos de determinada obra, visando o perfeito ajuste entre os mesmos, com objetivo de minimizar os conflitos existentes, simplificando a execução, otimizando e racionalizando os materiais, o tempo, a mão de obra, e por final a manutenção. Compreende, também, a ação de detectar falhas relacionadas às interferências e inconsistências físicas entre vários elementos da obra.

Portanto deve-se dirigir atenção total à compatibilização dos projetos da edificação, que pode ser esses, elétrico, hidráulico, arquitetônico e estrutural, de maneira a evitar os custos gerados pela não adequação entre eles.

Um exemplo de incompatibilização de projetos é a existência frequente do desenho aparente da estrutura da edificação (ressaltos dos pilares e vigas) provocado pela diferença de espessura entre a alvenaria e os elementos estruturais. De acordo com informações de vários profissionais, os custos da compatibilização entre estes elementos seriam muito altos em função do acréscimo do pé direito da edificação. Embora não se tenha desenvolvido um estudo de custos, entende-se que o valor da insatisfação do usuário com a perda da estética do apartamento, somada ao retrabalho provocado pelos enchimentos de argamassa, ou tijolos e argamassa e, a queda de produtividade e qualidade no assentamento de cerâmica nas paredes e pisos cheios de recortes, sejam superiores a um estudo mais aprofundado em soluções estruturais (SALDANHA; SOLTO, 1997).

Para Franco e Agopyan (1993) a implantação de um sistema de coordenação de projetos aumenta a confiabilidade do processo e diminui as incertezas em todas as atividades, inclusive e principalmente aquelas relativas à fase de execução. Desta maneira é atividade fundamental para a implantação de medidas de racionalização e qualidade. Callegari e Barth (2007) ainda afirmam que há estimativas de custo realizadas para obras coordenadas, apontaram uma redução de

aproximadamente 6% do mesmo com relação a obras similares em que os projetos não foram coordenados.

Através de um questionário que traça o perfil das experiências dos profissionais, os principais problemas relacionados à compatibilização de projetos e o nível de conhecimento sobre desperdícios decorrentes das incompatibilidades de projetos, Souza (2010) obteve os resultados que mostram que dos entrevistados 48% afirmaram ter somente conhecimento teórico sobre compatibilização, 42% afirmaram praticarem em seus projetos sem conhecimentos teóricos, 4% afirmaram que utilizam às vezes de acordo com o projeto e 6% afirmaram nunca terem realizado compatibilização de projetos (SOUZA, 2010).

Dados alarmantes uma vez que já foram mencionados os prejuízos decorrentes da não compatibilização dos projetos, como os inúmeros retrabalhos que geram gastos inteiramente desnecessários.

## 7.3 EXECUÇÃO

### 7.3.1 Importância da racionalização

Primeiramente, para qualquer empresário, seja do ramo da construção civil ou não, os custos são, talvez, um dos fatores mais importantes levantados em questão. Para isso, a falta de planejamento adequado a qualquer obra, significa perda de lucros. Especificando mais a questão que será abordada, um mau planejamento num canteiro de obras possibilita geração futura de problemas (MELO et. al., 2008).

Segundo Grohmann (1998) o desperdício é tamanho que se chega a afirmar que com a quantidade de materiais e mão-de-obra desperdiçados em três obras, é possível a construção de outra idêntica, ou seja, o desperdício atingiria um índice de 33%.

Vargas et. al. (1997) apresentam outros dados alarmantes: o tempo de perda da mão-de-obra dos serventes pode atingir 50% do tempo total, 100% da argamassa é perdida; e, 30% dos tijolos e elementos de vedação se transformam em entulho. Estes dados demonstram e reforçam a gravidade do problema em questão.

O desperdício de materiais conglera os entulhos e os materiais incorporados à obra também. Tacla (1984) apud. Rocha Neto (2010) descreve o entulho, em uma obra de Construção Civil, como sendo todo o volume de materiais que sai da obra, sem nenhuma perspectiva de utilização futura. Englobam as sobras de concreto, argamassa, ferro, blocos de cerâmica, etc. O desperdício de materiais incorporados à obra refere-se ao excesso de materiais utilizados que, ao final da obra, não são percebidos ou pouco se percebe. O desperdício de mão-de-obra refere-se ao tempo empregado pelos trabalhadores em atividades que não incorporam valor ao produto final e que podem, facilmente, ser reduzidos ou eliminados sem causar nenhum prejuízo. São eles: tempo de espera, de retrabalho, de transporte, etc.

Rocha Neto (2010) cita alguns dos motivos para tanto desperdício: a pouca vinculação da obra com as atividades denominadas de apoio, como as compras, estoques e manutenção; os problemas com os recursos humanos decorrentes da pouca especialização da mão de obra e alta taxa de rotatividade do setor; os problemas com a segurança dos trabalhadores, principalmente, pelo não fornecimento e/ou uso dos equipamentos de proteção individual ou coletivo; bem como, as deficiências dos métodos utilizados para o controle de custos projetados e executados.

Para Sacomano (2004), são nove as categorias de perdas:

- As perdas por superprodução, que se referem às perdas que ocorrem devido à produção em quantidades superiores às necessárias;
- Por substituição de material, que decorrem da utilização de um material de valor ou características de desempenho superiores ao especificado;
- Por espera, relacionadas com a sincronização e o nivelamento dos fluxos de materiais e as atividades dos trabalhadores, podendo envolver tanto perdas de mão de obra quanto de equipamentos.
- Por transporte, que estão associadas ao manuseio excessivo ou inadequado dos materiais e componentes em função de uma má programação das atividades ou de um layout ineficiente;
- Perdas no procedimento em si, têm origem na própria natureza das atividades do processo ou na execução inadequada dos mesmos, que decorrem da falta de procedimentos padronizados e ineficiências nos métodos de trabalho, da falta de treinamento da mão de obra ou de deficiências no detalhamento e a falta de construtibilidade dos projetos.
- Perdas nos estoques, que estão associadas à existência de estoques excessivos, em função da programação inadequada na entrega dos materiais ou de erros na orçamentação, acabam por gerar situações de falta de locais adequados para a estocagem dos mesmos, que também decorrem da falta de cuidados no armazenamento dos materiais.

- Perdas no movimento, decorrem da realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores, durante a execução das suas atividades;
- Pela elaboração de produtos defeituosos, ocorrem quando são fabricados produtos que não atendem aos requisitos de qualidade especificados;
- E os outros, que seriam ainda tipos de perdas de natureza diferente dos anteriores, tais como roubo, vandalismo, acidentes, etc.

Essas perdas excessivas, retrabalhos, desperdícios citados, são indícios da necessidade de uma nova atitude quanto à execução das obras e o seu planejamento, possibilitando um melhor aproveitamento dos recursos empregados em obra, como a mão-de-obra, material, tempo e etc. Esta necessidade ressalta a importância da racionalização, que busca justamente a maximização dos resultados e minimização dos desperdícios.

Segundo Cardoso (1996), a "fraqueza" técnica do conjunto das empresas e da mão-de-obra, confirmada pelos desperdícios elevados, pela falta de qualidade dos produtos, pelas frequentes patologias pós-ocupacionais, pela baixa produtividade e pela incapacidade de dominar os custos de produção. Aspectos que reforça de maneira capital, para o Brasil, a ideia de que era necessário modificar e fazer evoluir as relações entre a empresa de construção e os outros atores do canteiro, em particular os subempreiteiros e os industriais / fornecedores. Essas relações não podem mais se basear em ligações estritamente mercadológicas.

Para Cardoso (1996), a "passividade circunstancial" da mão-de-obra de produção, que aceita as condições precárias de trabalho, e a falta de exigências da parte dos clientes, que não questionam os produtos de qualidade duvidosa, são fatores que maximizam a situação atual, relativamente ruim.

Vale ressaltar que quanto à qualidade de mão de obra, a construção civil possui dados alarmantes, segundo Alves e Quelhas (2004) com pesquisa realizada em alguns canteiros da região sul fluminense, que gera grande preocupação: quase 60% dos funcionários de canteiros de obras de construção civil não tem nem o 1º grau completo, e deste, 12% são semianalfabetos, sabendo apenas escrever o próprio nome e fazer algumas operações matemáticas básicas.

Fica difícil imaginar que trabalhadores com tão pouco estudo possam compreender e executar com eficiência processos mais complexos de execução, ou até mesmo entender a importância de se executar determinadas etapas previstas em projeto, por exemplo. A dependência da qualidade da obra quanto à competência dos funcionários de execução é explícita, e exige atenção.

### 7.3.2 Implantação dos processos de racionalização

#### 7.3.2.1 Planejamento

O caráter único e provisório de praticamente todos os canteiros de obra, bem como o dinamismo de diferentes etapas a executar, normalmente são a justificativa para não se buscar melhorias nos ciclos de produção para as construtoras atualmente.

Os métodos em processo normalmente surgem de modo espontâneo, sem uma análise mais cuidadosa sobre o melhor local para a central de produção de argamassa, por exemplo, e estoque de agregados e aglomerantes ou até mesmo sobre as formas e caminhos de transporte. Todos acabam pagando um alto preço por esta improvisação. A equipe de produção por esforços adicionais desnecessários no transporte e a empresa como um todo por repassar aos seus preços de comercialização um custo aumentado por equipes superdimensionadas, desperdícios por estoques intermediários e baixos índices de produtividade (LINARD et al, 2006).

Segundo Barbosa et. al (2007) um planejamento de execução constará basicamente de: planejar o canteiro de obras, de forma compatível com as características e especificidades do empreendimento a ser desenvolvido; as atividades a serem executadas, estabelecendo cronogramas a partir do estudo das interfaces; caracterizar bem as diversas atividades constituintes da obra e subdividir a execução da

mesma em tarefas, analisando-se suas interveniências; planejar, no tempo e no espaço, as necessidades de recursos materiais e humanos; acompanhar o desenvolvimento dos serviços e tomar medidas para solucionar interveniências ou corrigir atrasos do cronograma; e desenvolver um sistema estratégico de informações.

Romano et al (2005) afirma que quem comanda a produção deve, obrigatoriamente, buscar meios de otimizar toda a logística dos fluxos de produção através de ações, tais como: planejar o layout do canteiro de obra focado no recebimento, armazenamento, transporte horizontal e vertical dos materiais; racionalização de equipamentos, métodos e ferramentas, tudo em função da qualidade, do bem estar de todos e do cumprimento dos prazos previstos no planejamento.

Vale ressaltar a importância de se por em prática o planejado, bem como evitar a tomada de decisões de maneira espontânea, sem antes fazer um planejamento e contatar os outros responsáveis.

Com os resultados obtidos em seu estudo de caso, Romano et al (2005) esperam que os demonstrativos das alternativas de ganhos ou prejuízos financeiros abordados em seu trabalho, sejam capazes de sensibilizar os gerentes de obra da necessidade de adequarem suas práticas com o que foi planejado. Obteve-se um total economizado de R\$240.307,18, que representava, na época da pesquisa, o custo de construção de dois apartamentos e meio do edifício Emílio Hinko, citado em seu estudo, valor realmente expressivo.

Outro fator importante é a logística de movimentação de cargas dentro da obra. Este procedimento operacional requer atenção especial em seu processo de elaboração, visto que envolve equipamentos de movimentação de cargas de grande porte (LYRA DA SILVA, 2005).

Rosenblum et al (2007), mencionam outro problema comum, na elaboração do cronograma há a preocupação de determinarem-se as atividades, o espaço de tempo para executá-las e a sequência entre as mesmas, contudo esse planejamento trata as atividades de forma isolada. Logo, ao elaborar-se o cronograma, aplica-se uma margem estimada de tempo sobre as atividades. Esta margem pode estar de acordo com experiências anteriores, ou por índices estabelecidos pelo setor de construção civil.

Este procedimento apresenta uma falha inerente ao processo convencional de construção. Quando uma atividade não é cumprida no prazo de tempo estabelecido pelo planejamento, gera-se um atraso cumulativo no cronograma, causando custos adicionais e perdas na qualidade da obra, proporcional ao tempo de atraso.

Os autores ainda dizem que se tratando de uma única atividade pode-se medir e redistribuir custos adicionais, assim como o tempo de execução das atividades, porém o atraso pode ocorrer em várias atividades. Este ciclo torna muito difícil a medição ou redistribuição das atividades, logo, surge o desperdício. Esta ideia, módulo  $x$  tempo  $x$  equipe é a concepção que possibilitará a organização de um fluxograma das atividades na obra, onde o balanceamento entre estas atividades é essencial para que a sequência estabelecida pelo procedimento *lean* possa medir e reduzir ao máximo as ocorrências de retrabalhos e esperas.

Como mencionado anteriormente à rede PERT/COM pode ajudar em muitos casos a evitar esses imprevistos, uma vez que se tem uma visão clara sobre a dependência entre as atividades e o tempo necessário para a finalização de cada atividade separadamente e em todo o processo, evitando imprevistos.

Outro ponto importante é a quantificação prévia de materiais e equipamentos, será importante não só para a compra, mas como também para o armazenamento e transporte, que deve ser estudada e planejada de modo a não interferir no fluxo contínuo da produção.

Porém deve-se entender que planejamento é um ciclo permanente, realizado durante toda a obra. Não basta planejar uma única vez, deve-se buscar o que poderia se chamar de replanejamento. O replanejamento como objetivo consiste em uma ferramenta que visa combater as incertezas do processo construtivo, para que não haja esperas, é necessário preocupar-se também com o lay-out do canteiro de obras: prevendo o acondicionamento de materiais, deslocamento da mão-de-obra para execução das tarefas, área de descarregamento, entre outros fatores (ROSENBLUM et al., 2007).

Segundo Santos (1995), fazer um planejamento significa determinar de forma antecipada o que será feito, de que forma e como será realizado o processo,

assim como verificar quais objetivos devem ser atingidos, haja vista que se trata de um processo permanente e contínuo, gerando condições racionais para que se organize e se dirija um sistema de produção.

Na execução das obras da Construção Civil, os fatores que influenciam a produtividade e que, conseqüentemente, acarretam desperdícios, são identificados por Serpell (1993 apud GROHMANN, 1998) como:

- Deficiências de projeto e planejamento que dificultam a construtibilidade da obra e que, normalmente, são causados pela falta de detalhamento no projeto;
- Ineficiência da gestão administrativa que enfatiza a correção dos problemas ao invés da prevenção dos mesmos. Isto ocorre devido ao pouco envolvimento dos administradores com o processo produtivo;
- Métodos ultrapassados e/ou inadequados de trabalho que não observam as experiências advindas de projetos anteriores, o que ocasiona a repetição dos erros;
- Pouca vinculação da obra com as atividades denominadas de apoio, como: compras, estoques e manutenção;
- Problemas com os recursos humanos decorrentes da pouca especialização da mão de obra e alta taxa de turnover do setor;
- Problemas com a segurança dos trabalhadores gerados, principalmente, pelo não fornecimento e/ou uso dos equipamentos de proteção individual ou coletivo;
- Deficiências dos métodos utilizados para o controle de custos projetados e executados.

Logo, de maneira óbvia, conclui-se que atacando-se de forma permanente e contínua os sete pontos anteriores, os índices de perdas na execução das obras será reduzido.

### 7.3.2.2 Canteiro de Obras

As instalações do canteiro dependem principalmente de fatores como: condições locais da obra, tipo e tamanho da obra, métodos de produção, técnicas de transporte, tempo de construção e planejamento da execução da obra e os recursos operacionais disponíveis, em linhas mais precisas, são as possibilidades de abastecimento, área disponível, possibilidades de acesso, volume total e tipos de insumos, produção em sequência, dimensões e pesos dos materiais a serem transportados, distribuição no tempo dos transportes maiores e número de trabalhadores, máquinas e equipamentos (GERBAUER, 2002).

Barbosa et. al (2007) a logística do canteiro de obras está ligada e é demasiadamente influenciada pela organização do trabalho; além disso, na Construção Civil, não é o produto que se movimenta, mas sim os trabalhadores que se deslocam ao redor e mesmo no interior do produto principal.

Após a análise entre situações de arranjos de canteiros de obra, mas especificamente na produção de argamassas, buscando a identificação das melhorias por aplicar o processo de observar – medir – registrar – analisar – refletir - melhorar, Linard et all (2006), concluiu que após adotar-se um comportamento de racionalização, buscando a linearização de todo o processo: com as curvas desnecessárias durante o percurso eliminadas; os agregados e o cimento passando a permanecer armazenados próximos à betoneira; e ao posicionar a borda da carregadeira da betoneira rente ao nível do terreno, evita-se o esforço adicional humano no transporte vertical. Reduziu-se a menos de um terço os custos com a mão de obra de transporte durante a obra, isto só analisando-se a produção de argamassa, nota-se o potencial da racionalização em minimização de recursos com exemplos como este.

Em uma pesquisa realizada em 17 empresas de pequeno e médio porte da Construção Civil, na cidade de Santa Maria – RS, Grohmann (1998) constata que dentre as principais medidas utilizadas pelo empresariado, para evitar o desperdício de mão-de-obra, estão: a inspeção dos funcionários (88,24%), o treinamento de pessoal (70,60%) e o aperfeiçoamento técnico (64,71%). E que, ao contrário do que ocorreu com as medidas utilizadas para evitar o desperdício de mão-de-obra onde a inspeção dos funcionários destacou-se como a medida mais utilizada, nenhuma medida de redução de perdas com materiais teve percentual tão expressivo. As medidas que apresentam maior frequência de utilização são: aperfeiçoamento técnico (52,29%), treinamento (41,18%) e, apenas em terceiro lugar encontra-se a fiscalização constante (35,29%).

O autor observou que a maioria das medidas utilizadas refere-se a aspectos ligados com a mão de obra (75%) e não aos aspectos diretamente relacionados com o desperdício de materiais (25%).

Os itens mencionados na pesquisa que se referem especificamente ao desperdício de materiais são: reaproveitamento de materiais (41,18%), alteração de layout (5,88%) e melhor acondicionamento de materiais (5,88%).

Trabalhos mais abrangentes são apresentados por Gehbauer (2003, 2004), onde além dos aspectos conceituais são descritas aplicações em canteiros de obras tanto do Brasil como da Alemanha.

### 7.3.2.3 Sugestões para aperfeiçoamentos em estudos de caso

Em seu trabalho Barros Neto et al (2005), apresentaram exemplos de implantação dos princípios da mentalidade enxuta em obras de construção habitacional, a partir de um trabalho junto a empresas que participam de um programa de inovação na construção civil (INOVA CON), que acontece em Fortaleza/CE, sugeriu-se e

implantou-se algumas melhorias no processo de produção, sendo essas citadas abaixo juntamente com os respectivos resultados :

Para a melhoria na organização do canteiro, estocagem e transporte de materiais com:

- A criação de vias de tráfego: foram feitas demarcações no canteiro de obras informando as vias de tráfego para o pessoal e transporte de materiais e equipamentos. Objetivo principal dessa melhoria é facilitar o deslocamento dos operários, equipamentos e material dentro da obra, além de diminuir a possibilidade de acidentes, percebeu-se que os próprios operários ficavam preocupados em deixar as vias totalmente desobstruídas, evitando colocar material ou equipamento no espaço destinado a elas.
- O controle visual do estoque mínimo de materiais no canteiro: foram feitos e instalados kanbans de sinalização para os principais materiais da obra, com o intuito de controlar visualmente a quantidade mínima, determinada para cada um deles, evitando assim, o desabastecimento. Como demonstra a Figura 1 a seguir:



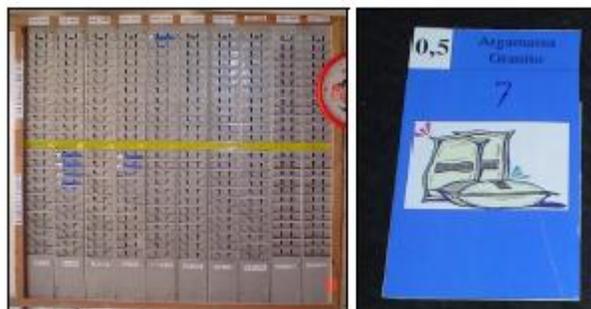
**Figura 1 – Detalhe do kanban de sinalização dos materiais**  
Fonte: Barros Neto et al (2005)

- A Implantação de controle visual para o estoque mínimo do almoxarifado: foram feitos e instalados kanbans de sinalização para o controle do estoque mínimo dentro do almoxarifado. Verifica-se na Figura 2:



**Figura 2 – Detalhe dos kanbans de sinalização instalados no almoxarifado**  
**Fonte: Barros Neto et al (2005)**

- O controle de materiais na obra (chapeira e cartões de kanban): a instalação de um *heijunka box* - um quadro para gerenciar visualmente a programação da produção nivelada, ferramenta da Produção Enxuta (STEFANELLI, 2010) - ou chapeira de cartões de kanbans, com o intuito de controlar o consumo de materiais dentro da obra. A implantação da chapeira e dos cartões de kanban teve boa receptividade por parte das equipes de produção. Dentre as melhorias propostas e implantadas na obra, sem dúvida alguma, a que surtiu o melhor efeito, com relação ao envolvimento dos operários da obra, foi o *heijunka box*. Através do acompanhamento da utilização da chapeira e dos cartões de kanban, pode-se constatar a eficácia do sistema, que está conseguindo alcançar os objetivos esperados, quais sejam: controle de materiais; autogestão da produção (ritmo) pela equipe de trabalho; e nivelamento da produção, principalmente, dos materiais que passam pela betoneira e pelo guincho de carga.



**Figura 3 – Detalhe da chapeira e do cartão de kanban**  
**Fonte: Barros Neto et al (2005)**

- A aquisição de pallet e transpallet: Foram adquiridos pela empresa pallts e transpallets para facilitar a estocagem e o transporte de materiais.

Já para a melhoria da comunicação dentro da obra houve a sugestão da instalação de um *andon*. Segundo Monden (1994 apud. JORGE JUNIOR, 2003), *andon* é um sistema que sinaliza quando um operador parou a linha por algum tipo de problema ou por que não conseguiu cumprir suas tarefas dentro do ciclo de trabalho estabelecido ou mesmo porque atingiu a produção planejada. A instalação tem como intuito de facilitação da comunicação dentro da obra entre as equipes de produção e a administração da obra. O *andon* proposto foi idealizado por um dos consultores, através do software GeObra Light, também utilizado para elaboração da linha de balanço. Além do software, o sistema é composto por um computador e um monitor de TV, interligados por um cabo de rede aos pavimentos, onde estão instaladas caixas de passagem com interruptores, que são acionados pelos operários em caso de algum problema.

Uma tela no programa possibilitava a visualização da situação de cada posto de trabalho por pavimento. E através dessa tela, a administração da obra verificava rapidamente em quais pavimentos existiam equipes trabalhando ou se havia algum problema ocorrendo no momento.

O *andon* implantado na obra alcançou o objetivo desejado, o fluxo de informações entre as equipes de trabalho e a administração da obra melhorou. Além disso, o *andon* teve uma receptividade muito boa por parte dos operários. Em conversa com uma equipe de pedreiros, pôde-se perceber a satisfação deles em poder contar, mais rapidamente, com o auxílio da administração da obra.



**Figura 4 – Detalhe do interruptor, do computador e da TV utilizados no andon**  
Fonte: Barros Neto et al (2005)

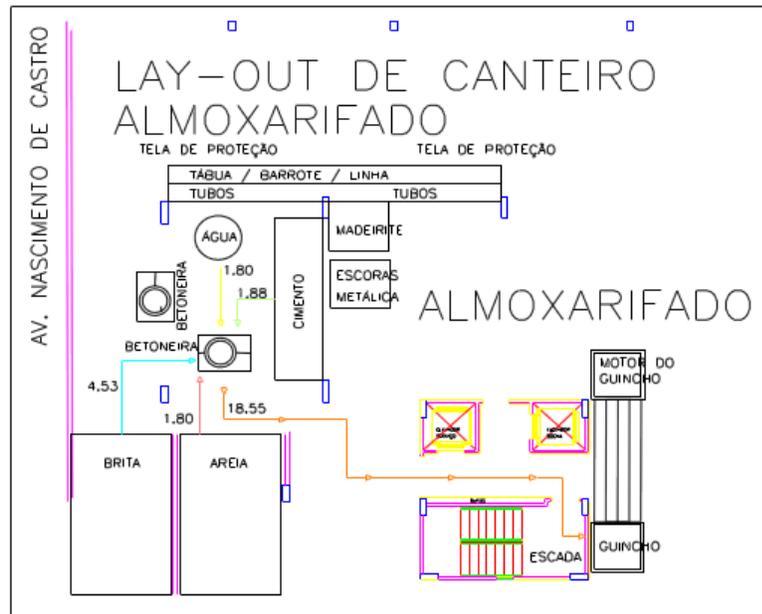
Vale resaltar a presença de automatização em atividades na construção civil, ainda que pequena, como neste estudo de caso. Com base nas pesquisas realizadas, notou-se que a tecnologia aliada a experiência e o planejamento tem grande potencial quando empregados no intuito de aperfeiçoar o processo de produção.

Houve ainda a sugestão da aquisição de rádios de comunicação, e a implantação de um sistema de fluxo de informações (supervisores de fluxo) para o funcionamento eficaz do *heijunka box* e do *andon*, já que auxiliaria no atendimento das necessidades das equipes de trabalho.

Toda via os autores concluíram que a implantação e operacionalização das melhorias na obra ainda estavam muito incipientes e que com certeza, outras dificuldades e facilidades apareceriam no decorrer da implantação. E resalta que o mais importante, no entanto, é estar sempre ajustando-se os processo de aperfeiçoamento e adequando-os às peculiaridades existentes nas obra e nas empresas.

Em seu estudo de caso, após análise de dados Mello et al (2008) ofertaram as propostas a seguir, que seriam mais especificamente quanto a fabricação de argamassas, mas que pode ser entendida de maneira generalizada, visando à racionalização do processo por completo, têm-se:

- O processo de planejamento e controle de produção para ajudar a racionalizar o número de atividades do processo que não agregam valor, ou seja, aquelas atividades que consomem tempo, recursos e espaço e não somam para o andamento e agilidade do processo, como as identificadas;
- Realização de um estudo de local do canteiro de obras com arranjo físico que facilite o processo de fabricação dos materiais e a distribuição para os pavimentos;



**Figura 5 – Layout do Canteiro de obras**

**Fonte: Mello et al(2008)**

- Melhor adequação dos materiais de medição e exposição de procedimento operacional padrão para a elaboração dos produtos, a fim de diminuir a variabilidade da qualidade dos mesmos, tanto por questão de segurança como de racionalização de materiais pelo não desperdício.
- Utilização de “gircas” para o transporte de argamassa para os pavimentos, tendo em vista a relação “traço-girica” ser de 1:2. Isso acarretará em uma diminuição em aproximadamente 28 % do lead time das obras.
- Alteração no canal de fluxo de informações: sistema de rádios transmissores para comunicação, alarme sonoro do elevador para informar a chegada do guincho ao pavimento, diminuindo o tempo de descarregamento e distribuição da argamassa aos setores (Nota-se novamente a automatização em obra).
- Concretização de treinamento com o pessoal envolvido em todo processo para esclarecimentos de perdas de tempo em movimentos ou ações improdutivas.
- Uso de instrumentos de dosagens e utilização de equipamentos com maior precisão nas atividades.

É importante salientar que, apesar das insuficiências na aplicação correta dos métodos de racionalização, muitas vezes, somente o fato de se ocupar dos problemas já faz com que nos próximos canteiros de obras, o planejamento e/ou a instalação do canteiro sejam realizados de forma diferente e melhorados; as medições feitas englobam os operários, as máquinas e as ferramentas, em suma, mede-se a duração da atividade, do ciclo total, tempos de espera, quantidades, distâncias de transportes, número de transportadores e estoques intermediários; os registros se apresentam em questionários que diagramam o fluxo, o processo e os grupos de trabalhos que incluem os homens e as máquinas; após a seqüência dessas atividades feitas, inicia-se a análise do processo em que o conhecimento que se tem, aliado a criatividade, pessoas com novas idéias e a busca de informações através de pesquisas bibliográficas, perguntas como: o que, por que, onde, quando, quem, como, poderá começar a ser respondidas (SOUZA et al, 2011).

O autor ainda salienta que, tão importante quanto às anotações, é a análise do croqui do método analisado, o antes e o depois do canteiro sem e com sugestões, a comparação entre ambos possibilita a avaliação do sucesso do novo método, fazendo com que um plano de implementação surja, evoluindo, assim, a idéia.

Importante, no entanto, é constatar que estes métodos podem ser aplicados, sem modificações, nas demais modalidades da construção civil, como também em diferentes ciclos de trabalho de máquinas maiores e, ainda, em processos muito mais mecanizados. As cadeias dos ciclos podem ser organizadas em uma configuração mais favorável através de uma melhor coordenação entre elas e através de uma melhor definição das interfaces (locais e momentos de entrega) no fluxo de materiais e de informações (GEHBAUER, 2004).

Assim, o processo produtivo será o ponto chave para se abordar, conhecê-lo é identificar ineficiências para posteriormente trazer propostas de melhoria que aumentem a produtividade, o lucro e a redução de custos, além de propiciar uma melhor imagem da empresa. É conseguir com que meio ambiente e construção civil consigam se relacionar de forma a ambas se beneficiarem (SOUZA et al, 2011).

#### 7.3.2.4 Novas tecnologias e inovações

Diante deste novo cenário de inovação tecnológica, surgem novas técnicas construtivas que visam à modernização dos processos construtivos, objetivando a adoção e desenvolvimento de produtos inovadores, se possível dentro dos conceitos de sustentabilidade, com a intenção de aproximar os processos construtivos a modelos logísticos padronizados com operações repetitivas e automatizadas.

Estes processos construtivos são classificados como racionalizados em função do seu grau de industrialização. Os processos racionalizados são processo que, sem promover uma mudança radical nos métodos de produção tradicionais, incorporam técnicas organizacionais de planejamento e controle, objetivando racionalizar a produção (otimizar o uso dos recursos). Fundamentalmente estes processos se diferenciam dos tradicionais pelo seu nível organizacional, traduzido por uma centralização e planejamento das decisões (SABBATINI, 1978).

Para o autor deve-se ficar claro na metodologia de pesquisa que uma inovação tecnológica neste campo só efetivar-se-ã com a sua implantação com sucesso no mercado. E, por conseguinte, o desenvolvimento tem de acompanhar, avaliar e interagir com esta implantação, como condição básica para garantir que a inovação atenda aos condicionantes pré-estabelecidos e para promover o seu natural aperfeiçoamento. Uma metodologia nesta área deve ainda adotar mecanismos, explicitados na sua estratégia, que prevejam a consolidação da tecnologia desenvolvida, e a sua conseqüente incorporação.

Segue alguns exemplos de sistemas construtivos inovadores.

#### 7.3.2.4.1 Pré-fabricação em concreto

A indústria de construção civil, em todo o mundo, encontra-se em um momento claramente dedicado à busca e implementação de estratégias de modernização do setor, em que a racionalização construtiva tem um papel fundamental. Nesse sentido, as tendências mais notáveis relacionam-se ao emprego de sistemas total ou parcialmente pré-fabricados, capazes de maximizar o potencial de racionalização embutido nos processos construtivos (SILVA; SILVA, 2004).

A norma NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado, define estrutura pré-fabricada como elemento pré-moldado executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, ou em instalações permanentes de empresa destinada para este fim que atende aos requisitos mínimos de mão-de-obra qualificada; a matéria-prima dos elementos pré-fabricados deve ser ensaiada e testada quando no recebimento pela empresa e previamente à sua utilização (ABNT, 1985).

Os pré-fabricados de concreto tornaram-se fundamentais na construção civil por serem econômicos, já que não há desperdícios na sua execução e montagem. Para se agregar a vantagem da velocidade na construção do edifício, ressalta-se que o processo deve ser cuidadosamente planejado e os intervenientes devidamente identificados. A construção do edifício não está baseada simplesmente na montagem dos elementos na concepção da arquitetura diversificada, mas em uma série de fatores econômicos, logísticos, organizacionais e culturais (SERRA et al, 2005).

Ainda segundo os autores é importante cada vez mais divulgar a potencialidade do uso atual dos pré-fabricados de concreto armado. Eles fornecem diversas oportunidades arquitetônicas e inúmeras outras vantagens, que fazem dos pré-fabricados um sistema construtivo extremamente competitivo e muito utilizado no exterior.

O Sistema construtivo de pré-fabricados em concreto é um dos mais populares no Brasil, diversas empresas no país já optam por sua praticidade, como as redes de supermercados BIG e Walmart (CASSOL, 2014), e instituições públicas como a Universidade Tecnológica Federal do Paraná. No Brasil há várias empresas que oferecem esses produtos e um dos exemplos verifica-se na Figura 6 a seguir, com uma obra realizada pela SUDESTE Pré-Fabricados:



**Figura 6 – Obra realizada pela Empresa SUDESTE**  
**Fonte: SUDESTE (2012)**

Os fechamentos verticais industrializados são utilizados atualmente no Brasil com frequência significativa, sendo o *dry-wall* (internamente) e os painéis metálicos e de concreto pré-moldado (externamente) suas formas mais comuns. Maior organização e limpeza do canteiro, rapidez e facilidade na execução das vedações, facilidade de controle e menor desperdício de materiais são algumas das vantagens desses fechamentos industrializados sobre a alvenaria tradicional (SILVA e SILVA, 2004).

#### 7.3.2.4.2 Painéis pré-fabricados de vedação externa

Questões como perdas, atraso tecnológico, prazos, despreparo da mão de obra, não compatibilidade entre projeto e execução são problemas rotineiros, que devem ser sanados com a implantação de alternativas de racionalização da produção. Em meio a este processo de modernização, a preocupação com medidas de racionalização de vedações verticais é crescente, devido à carência de alternativas competitivas e eficientes no mercado nacional (SILVA; SILVA, 2002).

Em se tratando de fachadas em painéis pré-fabricados, o atendimento adequado aos três grupos básicos de requisitos de desempenho depende, principalmente, da eficiência das juntas entre os painéis horizontais e dos sistemas de fixação dos painéis à estrutura da edificação, além de aspectos de projeto, controle de qualidade na produção e técnicas de montagem dos painéis (PEREIRA, 2001).

Para o autor é necessário o conhecimento de todas as propriedades e informações sobre o desempenho dos painéis, assim como um planejamento adequado, com ênfase em detalhes e especificações de projeto, para que haja uma completa integração entre os diversos subsistemas da construção do edifício, evitando o risco de decisões de obra que comprometam a qualidade da edificação. É importante ressaltar que o atendimento de todos os requisitos de desempenho não pode ser apenas avaliado para os painéis de concreto, mas para todo o sistema de vedação, incluindo as fixações e juntas, pontos críticos que podem comprometer a estabilidade, integridade e durabilidade do sistema.

Ainda segundo o autor o projeto é determinante na durabilidade de vedações verticais em painéis pré-fabricados. Algumas das patologias desses painéis estão relacionadas a deficiências na consideração de aspectos de *qualidade do projeto* abrangendo a especificação de materiais compatíveis entre si, o dimensionamento correto das juntas e a flexibilidade das fixações; *qualidade de execução* e *qualidade de manutenção*. Esses aspectos, quando considerados nas etapas do planejamento, projeto e execução são essenciais para a garantia do desempenho global da edificação.

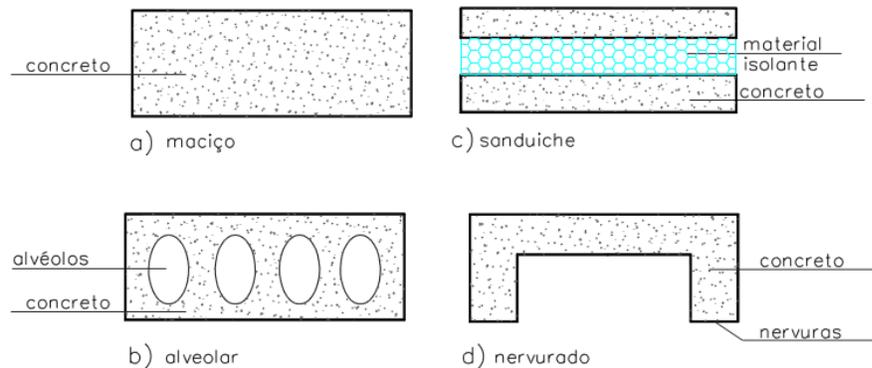
E como exemplo de painéis para vedação externa, temos o elemento painel pré-fabricado arquitetônico de concreto, que é aquele composto de unidades pré-fabricadas em fôrmas especiais ou padronizadas, com revestimento em pelo menos uma de suas faces, geralmente a externa, com função de fechamento, fixados na estrutura-suporte por meio de dispositivos de fixação metálicos, com presença de juntas entre as unidades, identificados neste trabalho pela sigla PPAC (OLIVEIRA, 2002).

Para Oliveira (2002), as fachadas em PPAC são constituídas, basicamente, por três componentes: o painel propriamente dito, os dispositivos de fixação e as juntas. Este painel é constituído de uma camada de concreto armado e de uma camada de revestimento e, eventualmente, de uma camada de isolante termo-acústico.

American Concrete Institute – ACI – (1993 apud OLIVEIRA, 2002) classifica os painéis pré-fabricados em concreto:

- a) Quanto ao formato geométrico da sua seção transversal,
- Maciços: aqueles cuja seção transversal é constituída por apenas uma tipologia de material, que ocupa todo o volume aparente da peça;
  - Alveolares: aqueles cuja seção transversal é constituída de partes ocas (vazios) em todo o comprimento da peça;
  - Sanduíches: aqueles constituídos de duas camadas de concreto separadas por um material não-estrutural com características de isolante térmico e ou acústico; e
  - Nervurados: aqueles reforçados por um sistema de nervuras em uma ou duas direções da peça.

Na Figura-7, ilustram-se esses quatro tipos de formatos geométricos:



**Figura 7 - Tipos de seção transversal do painel**  
**Fonte: Oliveira (2002)**

b) quanto ao acabamento da sua face externa:

- Sem revestimento:
  - Aparente (textura e cor natural do concreto).
- Com revestimento, denominado pelo mercado de painel arquitetônico:
  - Pintado (textura e cor dadas por um revestimento de pintura);
  - Com revestimento incorporado no processo de moldagem; e
  - Com revestimento incorporado após a desforma dos painéis.

Segundo Oliveira (2002), a camada de concreto armado é a base do painel e deve ser projetada para garantir um bom desempenho, ou seja: deve apresentar características que garantam seu isolamento térmico e acústico; sua segurança estrutural; sua resistência ao fogo; apresentar durabilidade compatível à do edifício do qual fará parte como componente do subsistema vedação vertical de fachadas. Já a camada de revestimento pode contribuir no isolamento térmico e acústico do painel, no entanto, para os PPAC, sua principal função é estética.

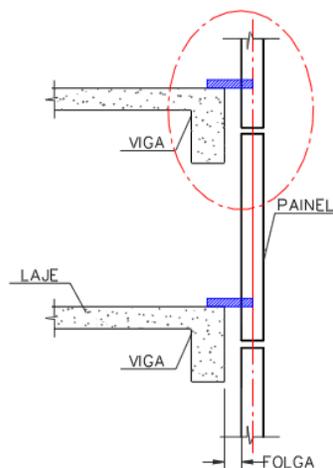
A camada de isolamento termo-acústico, por fim, tem como função incrementar o desempenho em relação às exigências térmicas e acústicas. Mas, isto

sem adicionar peso ao painel, pois é constituída de materiais com baixo peso específico, da ordem de 20kg/m<sup>3</sup> (caso do poliestireno expandido)(OLIVEIRA, 2002).

A instituição internacional, PCI - PRECAST CONCRETE INSTITUTE (1989 apud OLIVEIRA, 2002) define como painéis pré-fabricados arquitetônicos aqueles que se referem a uma unidade pré-fabricada em fôrma especial ou padronizada que, por meio de um tratamento em uma de suas faces, atinge um acabamento superficial que contribui para a arquitetura e acabamento do edifício. E expõe, ainda, que essas unidades podem ter função estrutural, de fechamento ou somente de recobrimento.

Já a BSI - BRITISH STANDARD INSTITUTION (2000 apud OLIVEIRA, 2002) trata como sendo painéis pré-fabricados arquitetônicos aqueles painéis de fechamento que suportam seu peso próprio e resistem à pressão dos ventos e têm na face externa de suas peças outro material que não o concreto comum, o que dá um aspecto de acabamento final a essas peças.

Segue a Figura 8, na qual se verifica a fixação genérica desses painéis.



**Figura 8 - Esquema genérico da fixação dos painéis na estrutura**  
Fonte: Oliveira (2002)

#### 7.3.2.4.3 Estruturas metálicas

O emprego de estrutura metálica requer um sistema construtivo com características próprias, que essencialmente deve estar em conformidade com as várias etapas que estão na composição da construção, desde sua concepção até a sua execução. O profissional que adotar a estrutura metálica irá trabalhar com um exigente subsistema industrializado onde todos os problemas devem ser previamente pensados, analisados e resolvidos na elaboração do projeto (SILVA; SILVA, 2004).

Nesse sentido, no cenário nacional, a partir da década de 90, nota-se uma maior intensificação no uso de estruturas metálicas na construção civil. Esse quadro foi estimulado por uma série de fatores socioeconômicos, como a estabilidade econômica em que a produtividade passou a ser mais valorizada, exigindo mais eficiência e qualidade do setor, além de outras características e vantagens do uso de estruturas metálicas como a leveza e a flexibilidade arquitetônica, precisão dimensional, velocidade de execução e por se aproximar da visão de sustentabilidade e redução do impacto ambiental da construção civil (PEREIRA, 2001).

Segundo o autor a maior utilização de estruturas metálicas na construção civil é dependente do desenvolvimento de tecnologias racionalizadas para os vários subsistemas da edificação, que também acompanhem a velocidade de execução de edifícios com estruturas metálicas e garantam o desempenho projetado para o ambiente construído.

Para Pereira (2001) uma tecnologia que pode contribuir para a racionalização da construção civil e ampliação da utilização de estruturas metálicas, em nível nacional, é o uso de vedações verticais pré-fabricadas em que o elevado grau de industrialização permite a obtenção de benefícios trazidos pela montagem desvinculada do canteiro de obras.

A industrialização de componentes da construção civil conta com algumas opções de vedações verticais racionalizadas, em escala comercial nacional e

internacional, que podem ser utilizadas em edifícios com estruturas metálicas, principalmente, pelo nível de industrialização e velocidade de execução e entre elas podem-se citar os painéis pré-fabricados de concreto, os painéis de GRC2, as cortinas de vidro, os painéis metálicos e os painéis de gesso acartonado (PEREIRA, 2001).

#### 7.3.2.4.4 Sistema Drywall

No atual setor da Construção Civil, entre tantos métodos construtivos tecnologicamente inovadores, pode-se citar a Execução do Sistema de Gesso Acartonado (ESGA) para fechamento vertical. De acordo com a definição da ABFCD (2008) – Associação Brasileira de Fabricantes de Chapa de Drywall, a concepção básica do sistema de paredes é de uma estrutura leve em perfis de chapas de aço galvanizado, constituída basicamente por guias e montantes, sobre os quais são fixadas chapas de gesso, em uma ou mais camadas, gerando uma superfície pronta para receber o acabamento final, que pode ser pintura, papel de parede, cerâmica, laminados plásticos, etc. (BOTELHO et al, 2009).

Características das Divisórias de Gesso Acartonado (SABATTINI, 1998):

- ◆ Montagem por acoplamento mecânico, com modulação flexível;
- ◆ Não contraventa a estrutura;
- ◆ Superfície plana, com textura lisa e de aspecto monolítico;
- ◆ Sensibilidade à umidade;
- ◆ Vedação oca e estruturada por perfis;
- ◆ Divisória desmontável, leve, baixo volume de material;
- ◆ Propriedades com grande amplitude de variação.

O autor ainda lista as vantagens alegadas pelos fabricantes de Chapas de Gesso Acartonado em relação às paredes de alvenaria racionalizada, (executada a partir de um projeto de produção e com alta produtividade na execução e precisão dimensional, quando comparada à alvenaria tradicional), pois as vantagens potenciais das divisórias de gesso acartonado possuem maior probabilidade de serem efetivadas em obras que tenham uma produção um pouco mais racionalizada que o tradicional canteiro de obras artesanal. Segue a lista:

- ◆ Ganho de área;
- ◆ Menor peso;
- ◆ Facilidade de execução de instalações embutidas;
- ◆ Desempenho acústico;
- ◆ Superfície lisa e precisa;
- ◆ Facilidade de manutenção das instalações;
- ◆ Rapidez, acelera cronograma, reduz prazo;
- ◆ Vantagens econômicas.

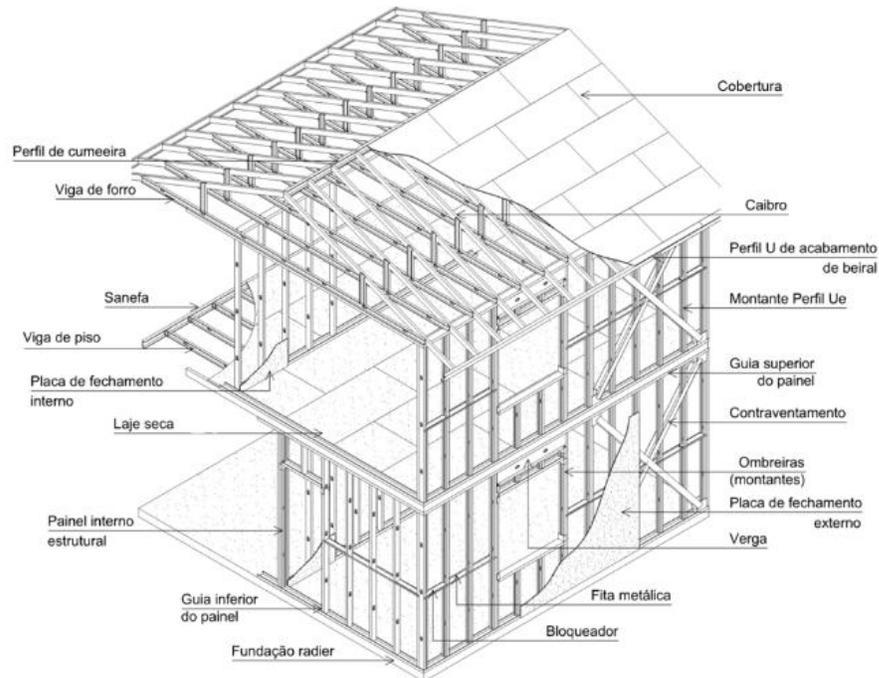
As maiores limitações e dificuldades do uso de Gesso Acartonado no Brasil são: a deformabilidade das estruturas de concreto; a deficiente interação com os subsistemas de instalações prediais, esquadrias e, revestimentos e dependência da fabricação e comercialização no Brasil de complementos e acessórios; a ausência de normas de desempenho e de requisitos de desempenho para vedações no País; a dependência de profissionais habilitados em todos os níveis; a dependência de mudanças na qualidade do processo de produção dos demais subsistemas; a dependência de mudanças organizacionais nos processos de gestão de empreendimentos e de produção; a dependência da fabricação e comercialização no Brasil de complementos e acessórios; a cultura dos usuários em relação às vedações

internas e; a comercialização de sistemas de produto e não de soluções construtivas (SABATTINI,1998).

Segundo Ceotto (2005 apud BOTELHO et al, 2009), outra vantagem das paredes de Drywall é que por serem ocas, conseguem alojar com facilidade qualquer tipo de sistema predial, permitindo inclusive modificações futuras sem qualquer necessidade de rasgos adicionais. Do ponto de vista da seqüência de construção e da trajetória dos serviços na obra, as paredes de Drywall também introduziram grandes modificações, permitindo uma montagem muito rápida da parte interna do edifício. Considerando que na parte elétrica, o mercado já oferece caixas para tomadas e interruptores desenvolvidas especialmente para o gesso acartonado. Elas possuem formato adequado ao material, presilhas especiais para prendê-las nas chapas e marcação para se fazer os furos.

#### 7.3.2.4.5 Sistema construtivo Light Steel Frame

O Light Steel Framing (LSF) é um sistema construtivo baseado em uma concepção racionalizada, que vem passando por processo de aceitação e desenvolvimento no mercado da construção civil nacional. Ele se caracteriza pela estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado, que formam um esqueleto estrutural capaz de resistir às cargas que solicitam a edificação, e por vários componentes e subsistemas inter-relacionados que possibilitam uma construção industrializada com grande rapidez de execução e a seco. Os perfis de aço galvanizado são utilizados para compor painéis estruturais ou não-estruturais, vigas de piso, vigas secundárias, tesouras de telhado e demais componentes, nota-se na Figura 9 .(SANTIAGO, 2008).



**Figura 9 – Esquema de construção portante em LSF**  
**Fonte: Crasto (2005)**

Seu conceito estrutural que guia o projeto em LSF é de dividir a estrutura em uma grande quantidade de elementos estruturais, de maneira que cada um deles resista a uma pequena parcela da carga total aplicada. Dessa forma é possível utilizar perfis mais esbeltos e painéis mais leves e fáceis de manipular (RODRIGUES, 2006).

O sistema de fechamento utilizando painéis de LSF oferece vantagens construtivas, em relação à alvenaria, semelhantes aos painéis pré-fabricados em concreto ou aos painéis metálicos. Além dessas vantagens, o fechamento em LSF possui ainda montagem simples, seu peso próprio é baixo (implicando em alívio nas solicitações da estrutura principal e nas fundações) e o transporte do sistema para o canteiro e dentro dele é fácil, uma vez que os elementos industrializados, como perfis e placas de acabamento, possuem dimensões e peso próprio pequeno. Outro ponto importante é o fato do LSF ser um sistema aberto, onde os elementos industrializados padronizados podem ser adaptados a qualquer exigência de projeto, diferente dos painéis em concreto, produzidos sob medida para cada obra (SANTIAGO, 2008).



**Figura 10 – Obra de escola em LSF no Rio de Janeiro**  
**Fonte: Santiago (2008)**

Para Santiago (2008) o desempenho satisfatório do fechamento em LSF é garantido pela combinação do correto planejamento estrutural com o bom detalhamento das interfaces dos acabamentos. Sem o diálogo entre estes dois fatores, o fechamento pode apresentar patologias que podem vir a comprometer o desempenho estrutural, estético e a salubridade da edificação.

Ainda segundo o autor a execução desse tipo de fechamento deve ser planejada por equipe de projeto (os arquitetos, engenheiros e profissionais de execução) qualificada para desenvolver a forma de montagem mais apropriada, de forma a atender às características e demandas próprias de cada edifício.

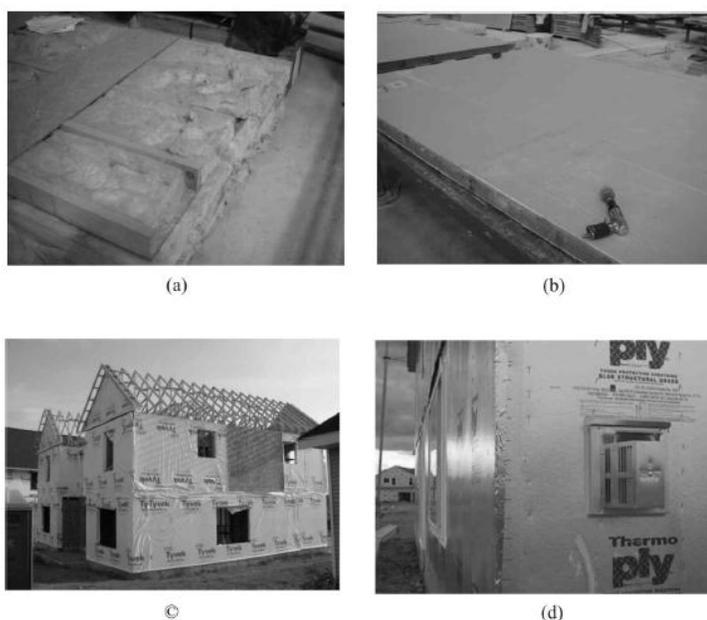
A North American Steel Framing Alliance (NASFA, 2010 apud VIVAN et al, 2010) destaca algumas vantagens do sistema LSF para o construtor, como: material mais leve do que outros utilizados em estruturas; fácil seleção do material; paredes ortogonais; as esquadrias funcionam sem qualquer tipo de interferência; menos sucata e resíduos; materiais produzidos na indústria, ou seja, sem variações regionais. Santiago (2008) descreve que o Brasil, na atualidade, começa a utilizar o LSF, principalmente, na produção de habitações unifamiliares de pequeno porte, de até dois pavimentos.



**Figura 11 – Obra com fechamento externo em LSF em Belo Horizonte**  
**Fonte: Santiago (2008)**

#### 7.3.2.4.6 Sistema construtivo Wood Frame

O sistema construtivo industrializado *Wood Frame* consiste num sistema durável, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e/ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar os confortos térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e também contra o fogo. Nos EUA a tecnologia *Wood frame* é utilizada em 95% das casas construídas (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).



**Figura 12 – Exemplo de revestimento e preenchimento dos painéis. (a) Lã de vidro interna; (b) Massa cimentícia; (c) Revestimento tipo TYVEK para barreira hidráulica; (d) Isolante térmico. Fonte: Molina e Calil Junior (2010)**

Ainda segundo os autores o sistema permite a construção de casas de até cinco pavimentos com pleno controle dos gastos já na fase de projeto devido à possibilidade de industrialização do sistema. A madeira é utilizada, neste caso, principalmente como estrutura interna de paredes e pisos, proporcionando uma estrutura leve e de rápida execução, pois os sistemas e subsistemas são industrializados e montados por equipes especializadas, em momentos definidos da obra, e de forma independente.

Segundo a Revista *Téchne* (2009 apud MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010), empresas brasileiras, instaladas no sul, estão atualmente interessadas na construção de casas de madeira com implantação definitiva do sistema *wood frame*. Essas empresas buscam, a partir do trabalho em conjunto com instituições de ensino e associações, a obtenção de financiamentos imobiliários junto a Caixa Econômica Federal, já em 2010, para implantação desse sistema no país. Paralelamente, o setor técnico acadêmico e industrial madeireiro também vem realizando enormes esforços para divulgação e implantação do mesmo. Recentemente, foi realizado pelo Instituto

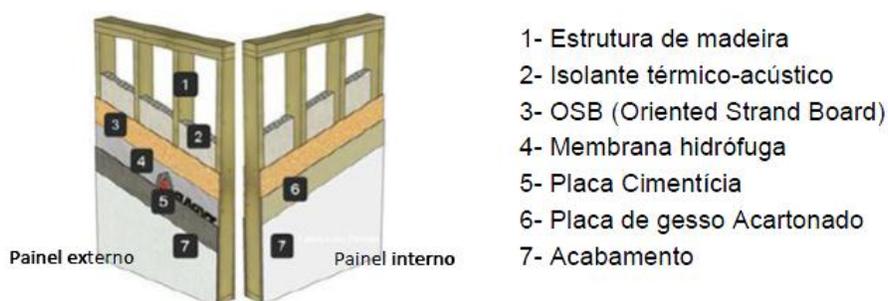
Brasileiro da Madeira e das Estruturas de Madeira (IBRAMEM), nas dependências do SET/EESC/USP, diversas palestras informativas referentes aos “sistemas construtivos de casas em *wood frame*”, abordando os principais fatores para a construção de uma casa confortável e funcional com um projeto eficiente e uso de materiais adequados para o isolamento térmico e acústico. Este encontro contou com a participação de especialistas nacionais e internacionais.

Diferente dos sistemas construtivos mais utilizados no Brasil, o WLF tem alta capacidade de resistência aos esforços de vento e intempéries climáticas, tanto em razão do sistema de produção dos painéis que distribui esforços na forma de carga distribuída, quanto aos inúmeros tratamentos e complementos de outros materiais para aumentar resistência ao calor e à umidade (TORQUATO, 2010 apud SANTOS, 2012).

O sistema construtivo em WLF traz vantagens em relação às casas de alvenaria, pois implica na diminuição do tempo de construção, maior garantia no cumprimento de prazos, redução de desperdícios, redução de resíduos da construção civil, e tem como matéria prima principal um recurso renovável e de ampla produção no Brasil (TECVERDE, 2012).

Para Santos (2012) como desvantagens, pode-se mencionar a existência de poucos fornecedores de alguns componentes especialmente feitos para o tipo de produção, ou até mesmo a inexistência destes. Como será visto mais adiante, isto ocorre para as membranas e isolamento térmico acústico.

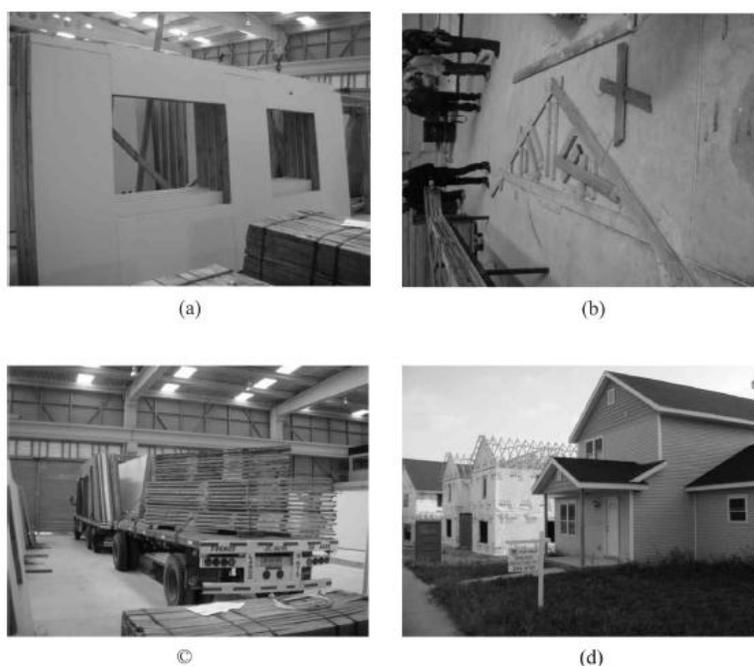
Segue na Figura 13 um exemplo de composição de WLF:



**Figura 13 - Estrutura das paredes do residencial Haragano.**  
 Fonte: Von Laer et al (2013)

Para Molina e Calil Junior (2010), a melhor explicação para a ampla utilização desse sistema em países onde a mão de obra é considerada muito cara é a otimização da gestão da produção com alto controle de qualidade. A pré-fabricação do sistema em ambiente industrial permite que várias atividades sejam executadas simultaneamente tendo como consequência a redução de prazos de entrega e custos.

Segundo os autores é importante salientar também que é preciso desvincular a ideia de sistema industrializado com construção padronizada. Ao contrário do que ocorreu com a introdução de outros sistemas construtivos industrializados, o *wood frame* é disponibilizado como uma opção construtiva que permite a execução de qualquer tipo de projeto desde casas populares até construções com alto padrão de acabamento. A única limitação fica por conta da altura das construções que, no Brasil, assim como em todo o mundo, essa tecnologia construtiva só pode ser utilizada em prédios com no máximo cinco pavimentos. No entanto, as estruturas em *frame* podem ser executadas na indústria ou *in loco*.



**Figura 14 – Fabricação industrial: (a) Painéis de parede (b) Trelças de cobertura; (c) Transporte indústria/obra; (d) Casa pronta.**  
Fonte: Molina e Calil Junior (2010)

Considerando a ACV (Análise do Ciclo de Vida) e o EIA (Estudo de Impacto Ambiental), e sob as perspectivas de consumo de energia, emissões atmosféricas e ruídos, consumo de recursos hídricos e geração de resíduos, chegou-se à conclusão que o sistema construtivo em WLF é o mais vantajoso do que a alvenaria no que se refere à conservação do meio ambiente (SANTOS 2012).

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando-se as bibliografias estudadas, observou-se a grande quantidade de material referente à gestão do processo de construção. Dentre as falhas mencionadas, as mais comuns foram quanto à má administração do processo de construção, e existência de pouco planejamento, desde à análise da viabilidade até a execução da obra.

Pode-se citar um exemplo comum, profissionais da construção civil costumam iniciar uma construção sem os projetos necessários, e com toda certeza esta ação é geradora de inúmeros desperdícios, como retrabalho, quebra de materiais e o uso indevido do tempo que deveria ser dedicados à continuação da produção.

Outro ponto importante é a identificação dos gargalos na produção, um dos passos mais importantes para se implantar a racionalidade na produção, juntamente com a comunicação entre o quadro de funcionários, principalmente entre projeto e execução. Possibilita a transparência do processo de produção, facilitando a análise e por fim o emprego dos melhores métodos de maximização de recursos e minimização dos desperdícios.

Vale ressaltar que é de conhecimento geral a falta de mão de obra qualificada, e os seus prejuízos são imensuráveis. Os dados são alarmantes e levando em consideração que o resultado da produção sofre grande influência da mesma, cursos profissionalizantes oferecidos aos funcionários passa a ser um investimento a longo prazo, de resultados eficazes.

Com funcionários mais capacitados e valorizados, a construtora certamente terá produtos de melhor qualidade e menos custos com retrabalhos, além da menor dificuldade em implantar novas técnicas. Grandes empresas capacitam e valorizam os seus funcionários, seu quadro de funcionários é composto de pessoas que escolheram o emprego, não por que não possuem outra opção.

Mais do que novas técnicas e métodos de construção é a importância de se conhecer a empresa, documentando e registrando para que seja possível a análise

mencionada no trabalho, sem esses conhecimentos a tomada de decisão é impossibilitada.

Vale ressaltar que o processo de observar, medir, registrar e melhorar é infundável, assim que determinada atividade deixa de ser gargalo automaticamente outra torna a impedir o fluxo contínuo do processo e daí a necessidade de se iniciar novamente o ciclo.

É fato que a implantação de uma nova gestão e/ou de novas técnicas são caminhos de potencial para se gerar resultados positivos ao mercado, mas as mesmas geram certa relutância inicial, principalmente quanto ao corpo de funcionários com menor ensino. Porém, como citado anteriormente, só o ato de se pensar em corrigir e tentar aplica-las já se torna válida a iniciativa, uma vez que possibilitaram um melhor conhecimento sobre o processo da empresa referente, bem como a possível identificação de erros frequentes.

Ficam algumas sugestões para novos trabalhos:

- Estudos sobre novas técnicas e inovações visando à racionalidade da construção civil, que de inúmeras formas pode ser aperfeiçoada;
- Estudos de caso referente aos resultados reais de se implantar novos conceitos de gestão empresarial em construtoras;
- Estudos de caso referente aos resultados reais obtidos após a implantação de cursos profissionalizantes aos funcionários das construtoras, para que ocorra o fomento da mesma.
- Estudos de caso quanto ao uso da automatização em todo o processo de construção, inclusive na gestão.

## 9 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 9062**. Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro, 1985.

ABFCD – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FABRICANTES DE CHAPAS DE DRYWALL. Disponível em:  
<<http://www.abragesso.org.br/index.php/2> acesso em 11-03-2008 11:50h>

ALMEIDA, Dagoberto A. **Gestão da Produção**. Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI. São Paulo, 2010. Disponível em:  
<<http://www.anterior.unifei.edu.br/dagoberto/PQE39GestaoProducaoEspQP/PQE092010.pdf>>

ALVES, Carlos E. QUELHAS, Osvaldo L. G. **A Importância da Implantação dos Sistemas de Gestão na Indústria da Construção Civil para seu Maior Desenvolvimento**. SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2004

BARBOSA, Adriano A. R. et al. **Contribuição da Logística na Indústria da Construção Civil Brasileira**. Revista Ciências Exatas. UNITAU . v. 2, n. 1. 2007

BARROS NETO, José de P. **A Aplicação dos Princípios da Mentalidade Enxuta na Construção Civil: os exemplos de Fortaleza/CE**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 29., Brasília. Anais... Brasília, 2005, 16p. Disponível em:  
<[http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/6825/1/2005\\_eve\\_jpbarrosneto\\_aplicacoes.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/6825/1/2005_eve_jpbarrosneto_aplicacoes.pdf) >

BARRA, Renata B. M. **Elaboração de Rede PERT/COM na Indústria da Construção Civil Atraves da Utilização do Software Ms Project: Um Estudo de Caso**. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2013. Disponível em:  
<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013\\_TN\\_STP\\_177\\_008\\_22484.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_177_008_22484.pdf)>

BOTELHO, Fernando J. L. **Métodos Geodésicos para Racionalização Construtiva no Posicionamento Preciso de Edificações Prediais**. 2003. 96 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) - Centro de

Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

Disponível em:

<<http://www.liber.ufpe.br/teses/arquivo/20040721143907.pdf>> Acesso em: 08 out. 2003

BOTELHO, Wagner C. et al. **A Inovação Tecnológica na Construção de Edifícios: Qualificação da mão-de-obra e Gestão de Resíduos de Gesso Acartonado.** XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção . Salvador, 2009

CALLEGARI, Simara , BARTH, Fernando. **Análise comparativa da Compatibilização de Projetos em Três Estudos de Caso.** Congresso Construção 2007 - 3.º Congresso Nacional, Coimbra, Portugal. 2007. Disponível em :

<[http://www.callegariarquitetura.com.br/textos/callegari\\_arquitetura\\_construcao\\_2007.pdf](http://www.callegariarquitetura.com.br/textos/callegari_arquitetura_construcao_2007.pdf)>

CARDOSO, F. F. **Estratégias empresariais e novas formas de racionalização da produção no setor de edificações no Brasil e na França: estudos econômicos da construção.** São Paulo, 1996. Disponível em:

<[http://www.pcc.usp.br/files/text/personal\\_files/francisco\\_cardoso/CardosoArtigo1SecnSindusCon-SP.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/personal_files/francisco_cardoso/CardosoArtigo1SecnSindusCon-SP.pdf)> Acesso em: 08 out. 2013.

CASSOL. Site da CASSOL- Pré- Fabricados. **Clientes.** 2014. Disponível em:

<<http://www2.cassol.ind.br/clientes/>>

CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing.** Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. 231p.

COSTA, F.S. **Análise da contribuição das mudanças técnicas e gerenciais introduzidas em pequenas e médias empresas de construção de edifícios do Recife para melhoria da qualidade.** Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

DUFFY, Mary. **Gestão de projetos: Managing projects.** Trad. Eduardo Lasserre. 6ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S.B. **Por um processo de projeto simultâneo.**

II WORKSHOP NACIONAL: gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2002, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: PUC/RS – UFSM – EESC/USP, 2002. Disponível em: <<http://www.eesc.sc.usp.br/sap/projetar/files/A036.pdf>>

FERRAZ, José L. M. et al. **Um modelo para o planejamento e controle de obras: a transição de um processo de racionalização tecnológica e administrativa para um ambiente de produção enxuta.** IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em:  
< <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/6481>>

FIGUEIRÓ, Wendell O. **Racionalização do Processo Construtivo de Edifícios em Alvenaria Estrutural.** 2009. 75 f. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil)- Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em:  
<<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Wendell%20Oliveira%20Figueir%F3%20-%20Vers%E3o%20final%20-%2030.01..pdf>> Acesso em: 08 out. 2013

FLORIANI, Ricardo. **Estudos para implantação de sistema de gestão da qualidade em empresa da construção civil.** SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2008. Disponível em:  
<[http://www.aedb.br/seget/artigos07/1247\\_qualidade%20nas%20construtoras\\_entregue\\_SEGET\\_rev01.pdf](http://www.aedb.br/seget/artigos07/1247_qualidade%20nas%20construtoras_entregue_SEGET_rev01.pdf)>  
Acesso em: 02 set. 2013

FORMOSO, C. T. et al. **Perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor.** Téchné. São Paulo, 1996. Disponível em:  
<<http://www.pedrasul.com.br/artigos/perdas.pdf>>>. Acesso em: 08 out. 2013

FRAGA, Samira V. **A Qualidade na Construção Civil: Uma Breve Revisão Bibliográfica do Tema e a Implementação da ISO 9001 em Construtoras de Belo Horizonte .** Monografia(Curso de Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2011. Disponível em:  
< <http://www.especializacaocivil.demc.ufmg.br/trabalhos/pg2/72.pdf>>

FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada.** 1992. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1992

FRANCO, L.S.; AGOPYAN, V. **Implementação da Racionalização Construtiva na Fase de Projeto.** Boletim Técnico BT/PCC/94: Escola Politécnica – USP, São Paulo, 1993

GEHBAUER, F. **Racionalização na construção civil. Recife: Projeto COMPETIR (SENAI, SEBRAE, GTZ), 2004.**

GEHBAUER, F. **Planejamento e gestão de obras: um resultado prático da cooperação técnica, Brasil – Alemanha. Curitiba: CEFET-PR, 2002.**

GROHMANN, M. Z. **Redução do desperdício na construção civil: levantamento das medidas utilizadas pelas empresas em Santa Maria.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998, Niterói. Anais do XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998.

GUIMARÃES JR, Paulo V. **Melhoria no processo de produção de artefatos de concreto através da racionalização.** XIII SIMPEP - Bauru, SP, 2006. Disponível em: < [http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/1137.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/1137.pdf)>

GHINATO, P. **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAT-QAD/sistema-toyota-producao>> Acesso em: 30 set. 2013

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil- Agosto de 2013.** Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/sinapi/sinapi\\_201308cader.no.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/sinapi/sinapi_201308cader.no.pdf)> Acesso em: 08 out. 2013

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção - Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2010 (PAIC2010).** Disponível em : <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/paic/2010/default.shtm>> Acesso em: 08 out. 2013

HIROTA, E. H. FORMOSO, C. T. **O processo de aprendizagem na transferência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção.** In: Anais... ENTAC, 8º, Salvador, 2000. Salvador. 2000.

JORGE JR., Roberto. **Análise da aplicação do Sistema Andon em Diferentes Ambientes de Montagem.** Campinas. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, 2003. 100p. Disponível em: <<file:///C:/Users/Priscila/Desktop/tcc/Novas%20tecnologias/JorgeJuniorRoberto.pdf>>

LINARD, Roberto S. S. et al. **Racionalização no processo de produção e distribuição de argamassas na construção civil.** XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 2006. Disponível em:  
<[http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/7557/1/2006\\_eve\\_lfmheineck\\_racionalizacao.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/7557/1/2006_eve_lfmheineck_racionalizacao.pdf)>

LYRA, R.R. **Construção Predial Lean - Mapeamento da Cadeia de Valor das Estruturas Metálicas.** Dissertação. (Mestre em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MEIRIM, Hélio. **A importância dos sistemas de gestão de produção.** Administradores-Negócios. 2006 . Disponível em:  
< <http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/a-importancia-dos-sistemas-de-gestao-de-producao/12084/>> Acesso em : 08 out. 2013

MELO, Mariana T. C. de; SOUZA, Israel S. B. de; TAVARES, Dyanna K. P.; PIMENTA, Handson C. D.; GOUVINHAS, Reidson P. **Proposta de Racionalização Na Construção Civil: Um Estudo de Caso em Uma Construtora na Cidade de Natal/RN.** In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ENEGEP, 2008, Rio de Janeiro. Disponível em:  
<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_069\\_490\\_11833.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_069_490_11833.pdf)>  
Acesso em: 04 out. 2013

MEIRIM, Hélio R. **Gerenciando relacionamentos colaborativos: o uso do CPFR como um modelo de ação conjunta entre indústria e varejo.** Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Estácio de Sá – UNESA Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:  
< <http://portal.estacio.br/media/208407/disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20helio%20ricardo%20meirim.pdf>>

MELLO, SILVA, TURRIONI, SOUZA; **ISO 9001:2008 Sistema de Gestão da Qualidade para Operações de Produção e Serviços.** São Paulo: Editora Atlas, 2009. 233p.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, **Programa de Expansão da Educação Profissional, Construção Civil, Brasília,** 2000. Disponível em:  
<<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/constciv.pdf>> Acesso em: 08 out. 2013

MOLINA, Júlio C. CALIL JUNIOR, Carlito. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira.** Wood frame systems for wood homes. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010

NOVAIS, Sandra G. JUNGLES Antônio E. **Aplicação de ferramentas para o aumento da transparência no processo de planejamento e controle de obra na construção civil.** IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu, Paraná, 2002.

OLIVEIRA, Lucina A. de. **Tecnologia de Painéis Pré-fabricados Arquitetônicos. de concreto para emprego em Fachadas de Edifícios.** Dissertação. (Mestre em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002. Disponível em:

OLIVEIRA, Otávio J. **Gestão do processo comercial em empresas de projeto. III workshop brasileiro de gestão do processo de projeto na construção de edifícios,** 3., 2003, BELO HORIZONTE. ANAIS., 2003, Belo Horizonte, MG, 2003. 7p. Disponível em:< [ftp://ftp.usjt.br/pub/revint/201\\_38.pdf](ftp://ftp.usjt.br/pub/revint/201_38.pdf)> Acesso em: 08 out. 2013

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997, 149p.

PARIS, Wanderson S. **Administração da Produção.**2002.Disponível em:< <http://www.slideshare.net/luluxm/administracao-da-producao>> Acesso em: 01 out. 2013.

PEREIRA, Tatiana C. A. **Avaliação de Desempenho de Sistemas Racionalizados de Vedação para Edifícios com Estruturas Metálicas.** 2001. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2001.

ROCHA NETO, Humberto S. da . **Avaliação dos índices de desperdícios de materiais: Estudo de caso em uma obra de edificação na cidade de feira de Santana-BA.** 2010. 133 f. Monografia. (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2010. Disponível em: <<http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/HUMBERTO%20SOARES%20DA%20ROCHA%20NETO.pdf>> Acesso em : 08 out. 2013

RODRIGUES, Marilucy B. **Diretrizes para a integração dos requisitos de construtibilidade ao processo de desenvolvimento de produto e obras repetitivas.** 2005. 184f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7382/000543182.pdf?sequence=1>> Acesso em: 05 out. 2013.

RODRIGUES, Francisco C. **Steel Framing: Engenharia – Série Manual da Construção em Aço.** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA5rQAF/steel-framing-engenharia>>

RODRÍGUEZ, Marco A. A. HEINECK, Luiz F. M. **A construtibilidade no processo de projeto de edificações.** II Workshop Nacional. Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2002

ROMANO, Willy C. B. T. **A racionalização do uso de equipamentos em obra – melhoria de processos para a viabilização dos fluxos em obra.** XII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 2005. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/7661/1/2005\\_eve\\_lfmheineck\\_racionalizacao.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/7661/1/2005_eve_lfmheineck_racionalizacao.pdf)>

ROSENBLUM, Anna et al. **Avaliação da Mentalidade Enxuta (Lean Thinking) na construção civil – Uma visão estratégica de implantação.** SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2007. Disponível em: <[http://www.aedb.br/seget/artigos07/1341\\_Vanessa\\_Ana.pdf](http://www.aedb.br/seget/artigos07/1341_Vanessa_Ana.pdf)>

ROSSETTI, Eraidia K. et al. **Sistema Just in Time: Conceitos Imprescindíveis.** Revista Qualit@s.v. 7, n. 2. 2008. . Disponível em: < <http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/viewFile/268/232>>

SABBATINI, Fernando H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – Formulação e aplicação de uma metodologia.** 1989. 207 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989. Disponível em: <[http://www.pec.poli.br/conteudo/bibliografia/\\_TeseSabbatini%202007v5%20\(3\).pdf](http://www.pec.poli.br/conteudo/bibliografia/_TeseSabbatini%202007v5%20(3).pdf)>. Acesso em: 05 out. 2013.

\_\_\_\_\_. **O processo de produção das vedações leves de gesso acartonado** . Anais do Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

SACOMANO, J. B. et al. **Administração de produção na construção civil: o gerenciamento de obras baseado em critérios competitivos.** São Paulo: Arte e Ciência, 2004.

SALDANHA, Maria C. W., SOLTO Maria do S. M. L. **Saldanha Racionalização dos Projetos na Construção de Edificações Habitacionais.** XVII ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção), Gramado-RS, 1997. Disponível em: < [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997\\_T3212.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T3212.PDF)>

SANTIAGO, Alexandre Kokke. **O uso do sistema Light Steel Framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não-estrutural.** Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2008. 153p.

SANTOS, Larissa C. F. dos. **Avaliação de impactos ambientais da construção: comparação entre sistemas construtivos em alvenaria e em *Wood Light Frame*.** 2012. 77 f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) – Departamento Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

SENGE, M. P. **A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende.** São Paulo: Best Seller, 1998. 441p.

SERRA, S. M. B. et al. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto.** I Encontro Nacional de Pesquisa-Produto-Produção em Concreto Pré-Moldado. São Carlos. 2005

SILVA, Carlos E. S. GUIMARÃES, Susane M. **A importância da construtibilidade na gestão de projetos de construção civil.** XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 2006. Disponível em: [http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/886.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/886.pdf)  
Acesso em: 10 jun. 2014.

SILVA, Maristela Gomes; SILVA, Vanessa Gomes. **Painéis de Vedação** – Série Manual da Construção em Aço. Rio de Janeiro, IBS/CBCA, 2004. Disponível em: <[http://coral.ufsm.br/decc/ECC8058/Downloads/07\\_Manual\\_CBCA\\_Paineis\\_de\\_Vedacao\\_2\\_edicao\\_2004.pdf](http://coral.ufsm.br/decc/ECC8058/Downloads/07_Manual_CBCA_Paineis_de_Vedacao_2_edicao_2004.pdf)>

SOARES, Ivana H. **A Teoria das Restrições e a Otimização de Processos Produtivos: Um Estudo de Caso na Construção Civil.** SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2008. Disponível em:  
< [http://www.aedb.br/seget/artigos08/490\\_TOC\\_SEGET\\_2008\\_v2.pdf](http://www.aedb.br/seget/artigos08/490_TOC_SEGET_2008_v2.pdf)>  
Acesso em: 01 jun. 2014

SOUZA, U. E. L. **Redução do desperdício de materiais através do controle do consumo em obra.** In: XVII ENEGEP, Gramado-RS, 1997. Anais (CD-ROM). Gramado, UFRGS, 1997. 8p.

SOUZA, Francisco J. de. **Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares - estudo de caso.** Dissertação ( Mestrado em Engenharia Civil ) – Universidade Católica de Pernambuco, Pernambuco, 2010. Disponível em:  
< [http://www.unicap.br/tede//tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=505](http://www.unicap.br/tede//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=505)>

STEFANELLI, P. **Modelo de Programação da Produção Nivelada para Produção Enxuta em Ambiente ETO com Alta Variedade de Produtos e Alta Variação de Tempos de Ciclo.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em:  
< file:///C:/Users/Priscila/Downloads/Dissertacao\_PaolaStefanelli.pdf >

SUDESTE. **Sudeste - Pré-Fabricados- Construindo Grandes Negócios.** Catálogo Detalhado. 2012. Disponível em:  
<<http://www.sudeste.ind.br/catalogos/sudeste2012.pdf>>

TECVERDE. **Tecnologia Tecverde:** em apenas 3 meses, você se muda para uma casa onde a natureza é sempre bem-vinda. Disponível em:  
< <http://www.tecverde.com.br/site/tecverde/tecnologia-tecverde> >

ULRICH, Helen, SACOMANO José B. **A Atividade de projeto direcionada à Racionalização Construtiva e o desafio de equilibrar conceitos técnicos e gerenciais no ensino de Engenharia Civil.** COBENGE: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.2000. Disponível em:  
< <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2000/artigos/005.PDF>>

VALE, Mauricio Soares do. **Diretrizes para racionalização e atualização das edificações: Segundo o conceito da qualidade e sobre a ótica do Retrofit.** 2006. 207f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

VARGAS, C. et al. **Avaliação de perdas em obras – aplicação de metodologia expedita**. Anais do 17º Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Gramado, 1997.

VERAS, Carlos M. dos A. Veras. **Sistema Toyota de Produção (Toyota Way)**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão. São Luis, Maranhão, 2009. Disponível em:  
< [http://www.ifma.edu.br/proen/arquivos/artigos.php/sistema\\_toyota\\_de\\_producao.pdf](http://www.ifma.edu.br/proen/arquivos/artigos.php/sistema_toyota_de_producao.pdf)>  
Acesso em: 10 junho. 2014.

VIEIRA, Helio F. **Logística aplicada à construção civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras**. Editora Pini, 2006.

VIVAN, André L. et al. **Vantagem Produtiva do Sistema Light Steel Framing: da Construção Enxuta à Racionalização Construtiva**. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído , Canela, RS, 2010

VON LAER. Cristian B. et al . **Construção Seca Estilo Wood Frame: Estudo de Casos Regionais de Moradias Populares**. XXII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013