

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso

Itamar Aparecido Lorenzon

São Carlos

2008

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Antonio Martins

São Carlos

2008

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

L869md

Lorenzon, Itamar Aparecido.

A medição de desempenho na construção enxuta:
estudos de caso / Itamar Aparecido Lorenzon. -- São Carlos
: UFSCar, 2008.
219 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos,
2008.

1. Organização da produção. 2. Sistema de medição de
desempenho. 3. Construção civil. 4. Construção enxuta. I.
Título.

CDD: 658.51 (20^a)



FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno(a): Itamar Aparecido Lorenzon

TESE DE DOUTORADO DEFENDIDA E APROVADA EM 30/06/2008 PELA
COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dr. Roberto Antonio Martins
Orientador(a) PPGE/UFSCar

Prof. Dr. Alceu Gomes Alves Filho
PPGE/UFSCar

Prof. Dr. Celso Carlos Novaes
DECiv/UFSCar

Prof. Dr. Antonio Freitas Rentés
EESC/USP

Prof. Dr. Fábio Muller Guerrini
EESC/USP

Prof. Dr. Mário Otávio Batalha
Coordenador do PPGE

A minha mulher Regina, e aos meus filhos Italo e Juliana pelo amor, carinho e
compreensão.

Agradecimentos

Ao meu orientador Roberto Antonio Martins, pela amizade, pela orientação e pela oportunidade para o desenvolvimento desta tese.

Aos meus amigos da pós-graduação, em especial ao Ricardo Coser Mergulhão, Gersa Tinasi de Oliveira, Celso Borges Zaccarias e Igor Lopes.

Aos professores do DECiv/UFSCar, em especial ao José Carlos Paliari, Sheyla Mara Baptista Serra e Roberto Chust Carvalho, pela amizade e apoio constante durante este trabalho.

Ao eng. Carlos Alberto Ferreira da Silva, pelas ótimas discussões.

Aos profissionais eng. Kilson Nascimento, eng. José Landim Macedo Ferraz, arq. Fernando Canova, eng. Thiago de Almeida Castigioni, arq. Roberto Alvarez, eng. Carlos Alberto Cipriani Pasqualin, eng. George Henrique Albanuzzi e eng. Sérgio Luiz Kemmer, pelas informações prestadas que contribuíram para esta tese.

Aos professores Alceu Gomes Alves Filho, Antônio Freitas Rentes, Celso Carlos Novaes, Fábio Müller Guerrini e Márcio Minto Fabrício, pelas contribuições que possibilitaram melhorar este trabalho.

Enfim, a todos meu muito obrigado.

Que vantagem tem o homem, de todo o seu trabalho, que ele faz debaixo do sol?

Uma geração vai, e outra geração vem, mas a terra para sempre permanece.

Nasce o sol, e põe-se o sol, e volta ao seu lugar donde nasceu.

O vento vai para o sul, e faz o seu giro para o norte; continuamente vai girando o vento, e volta fazendo os seus circuitos.

Livro do Eclesiastes 1: 2-6

LORENZON, I. A. A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso. 2008. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos.

Resumo

A construção civil tem sofrido pressões internas e externas como crise financeira, escassez de obras públicas e aumento da importância da qualidade requerida pelo cliente. Esta conjuntura fez com que as empresas do setor buscassem soluções por meio da adoção de novas práticas de organização e gestão da produção. Dentre as várias alternativas, surgiu a Construção Enxuta (tradução livre de *Lean Construction*), uma derivação da *Lean Production*, que se apresenta como uma forma de gerir a produção na construção civil de maneira a reduzir as atividades que não agregam valor, aumentar a flexibilidade e fornecer a transparência do processo. Essa nova forma de organização da produção traz no seu bojo novos conceitos que requerem novas formas de medir o desempenho. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi verificar de forma empírica, numa abordagem qualitativa, por meio de estudos de caso, como as empresas estão adotando a Construção Enxuta, principalmente no que se refere à utilização de indicadores de desempenho para os processos construtivos nesta nova forma de organização e administração da produção. A pesquisa de campo foi realizada em quatro empresas da construção civil que trabalham com os princípios da Construção Enxuta. As evidências empíricas mostraram que as empresas não praticam na totalidade os princípios da Construção Enxuta, sendo alguns destes princípios tratados de forma incipiente e, com sua implantação, as empresas tiveram que adequar seu Sistema de Medição de Desempenho como forma de melhor atender essa nova realidade. Assim, esta tese contribui para o maior aprofundamento desta questão no setor da construção civil na medida em que se analisa o nível de adequação destas empresas aos princípios da Construção Enxuta e indica as mudanças na forma de medição de desempenho nesta nova forma de gestão.

Palavras-chave: Sistema de medição de desempenho, construção enxuta, medição de desempenho, construção civil.

Abstract

Currently the civil construction sector is under several internal and external pressures, including financing crisis, lack of new public constructions and increasing quality requirements demanded by the client. This environment led the companies of this sector to search for new solutions by adopting new organizational and production management practices. Within the alternatives, the Lean Construction, a derivation from the Lean Production, appeared as a way to manage civil construction productivity by reducing the activities that do not add value, by increasing flexibility and by increasing the transparency of the process. This new form of organizing the production brings new concepts that require new forms to measure the performance. In this context, this thesis aims to empirically investigate, applying a qualitative approach and multiple case study, how the companies which implemented the Lean Construction are using the performance measures within this form of production organization and administration. The field research was carried through four civil construction companies which applied Lean Construction principles. The empirical evidences showed that the studied companies had not incorporated all Lean Construction principles, with some of those only starting to be assimilated. Nevertheless, these companies had to modify their performance measures, mainly by creating pointers that evaluated this new form to manage the production. This thesis brings a contribution to the civil construction sector by analysing the current use level of Lean Construction principles and by indicating the needed changes on how performance pointers are measured to incorporate this new management way.

keywords: Performance measurement systems, lean construction, performance measurement, civil construction

Lista de Figuras

Figura 2.1 Relação entre os 4 Ps e os 14 Princípios	30
Figura 2.2 Classificação dos movimentos dos operários	34
Figura 2.3 Casa representando o Sistema Toyota de Produção	36
Figura 2.4 Autonomia (<i>Jidoka</i>)	38
Figura 2.5 Diferentes níveis da Construção Enxuta	44
Figura 2.6 Divisão de processos em sub-processos	45
Figura 2.7 Fluxo de materiais	46
Figura 2.8 Relacionamento entre os Sensores	52
Figura 2.9 Utilização da Poka-Yoke em peça pré-fabricada	55
Figura 2.10 Esquema de célula de produção	57
Figura 2.11 Montagem de divisórias em gesso acartonado	58
Figura 2.12 Símbolos utilizados na elaboração do MFV	59
Figura 2.13 Ritmo de trabalho	63
Figura 2.14 Comparação entre: Diagrama Linha de Balanço e o Gráfico de Gantt	64
Figura 3.1 O Processo de Gestão do desempenho	68
Figura 3.2 Ciclo fechado de desdobramento e <i>feedback</i>	69
Figura 3.3 O Processo de gestão do desempenho e o Sistema de medição de desempenho	70
Figura 3.4 Modelo causal de desempenho	72
Figura 3.5 Sistema de medição de desempenho em camadas integradas	77
Figura 3.6 As três dimensões da medição de desempenho	78
Figura 3.7 Ciclo de gerenciamento do desempenho	79
Figura 3.8 Variação das medidas conforme o nível organizacional	81
Figura 3.9 <i>Performance Pyramid</i>	87
Figura 3.10 As Quatro Perspectivas do <i>Balanced Scorecard</i>	89
Figura 3.11 O que os <i>stakeholders</i> e a organização querem e necessitam	92
Figura 3.12 <i>Performance Prism</i>	93
Figura 4.1 Montagem de lote de produção	124
Figura 4.2 Célula para remuneração da produção	128
Figura 4.3 Cartaz 5S	131
Figura 4.4 Planejamento da produção com antecipação da entrega de material	133
Figura 4.5 Controle visual Diário (Geral e ampliado)	155
Figura 4.6 Pilar de concreto protendido	156
Figura 4.7 Equipamentos para movimentação de peças	157
Figura 4.8 Laje alveolar e esquema transversal	162

Figura 4.9 Estoque de telha formato W	163
Figura 4.10 Extrusora de laje alveolar - Fábrica 2.....	165
Figura 4.11 Caçamba abastecendo extrusora – Fábrica 2.....	166
Figura 4.12 Quadro para programação de horário.....	172
Figura 4.13 Transporte de material por transpaleta	174
Figura 4.14 Acionador Andon.....	177
Figura 4.15 Esquema de funcionamento Andon (acionador e painel).....	178
Figura 4.16 Painel Andon.....	179

Lista de Quadros

Quadro 2.1 Visão entre os cinco princípios e as ferramentas	27
Quadro 2.2 Comparação entre os Cinco Princípios por Womark e Jones (1998) e os Quatorze Princípios propostos por Liker (2005)	31
Quadro 2.3 Comparação entre os onze princípios de Koskela (1992) e os cinco princípios de Womack e Jones (1998).	50
Quadro 3.1 Critério para avaliar um Sistema de Medição de Desempenho	82
Quadro 3.2 Grupo de palavras e palavras representativas identificadas nos artigos do IGLC	97
Quadro 3.3 Conjunto de indicadores de desempenho para avaliação da mudança do sistema tradicional para o sistema <i>lean</i>	99
Quadro 3.4 Sistema de Indicadores para <i>Benchmarking</i> na Construção Civil	103
Quadro 3.5 Indicadores Financeiros por frequência de utilização	104
Quadro 3.6 Indicadores Não-Financeiros Frequência Percentual	105
Quadro 4.1 Método de procedimento	109
Quadro 4.2 Fontes de evidências: pontos fortes e pontos fracos	113
Quadro 4.3 Resumo da pesquisa Estudo de Caso	118
Quadro 4.4 Definição de um lote de produção	125
Quadro 4.5 Planilha de medição para modalidade de contrato por Preço Unitário	127
Quadro 4.6 Índice de Desempenho de Produtividade - INDP	130
Quadro 4.7 Nível de aplicação dos onze princípios na Construtora de edifícios residenciais	134
Quadro 4.8 Principais indicadores da Construtora de edifícios residenciais	137
Quadro 4.9 Nível de aplicação dos onze princípios na Construtora de obras industrial e institucional	146
Quadro 4.10 Principais indicadores da Construtora de obras industrial e institucional	148
Quadro 4.11 Nível de aplicação dos onze princípios na Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 1	159
Quadro 4.12 Principais indicadores da Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 1	161
Quadro 4.13 Gerenciador visual (diário)	164
Quadro 4.14 Nível de aplicação dos onze princípios na Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 2	167
Quadro 4.15 Principais indicadores da Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 2	169
Quadro 4.16 Nível de aplicação dos onze princípios na Construtora de obras industrial e residencial	180
Quadro 4.17 Principais indicadores da Construtora de obras industrial e residencial	182
Quadro 5.1 Nível de aplicação dos onze princípios nas empresas	185
Quadro 5.2 Indicadores mantidos em uso	189
Quadro 5.3 Indicadores Financeiros adotados	191
Quadro 5.4 Indicadores não financeiros utilizados pela gerência	192
Quadro 5.5 Indicadores não financeiros relacionados com o processo produtivo	193

Quadro 5.6 Aspectos gerais das empresas	195
---	-----

Sumário

1	Introdução	14
1.1	Justificativa	16
1.2	Objetivo do Trabalho.....	17
1.3	Método de Pesquisa	17
1.4	Estrutura do trabalho	18
2	Construção Enxuta	20
2.1	Histórico	20
2.2	Pensamento Enxuto.....	24
2.2.1	Os Cinco Princípios do Pensamento Enxuto	24
2.2.2	Os Quatorze Princípios do Modelo Toyota	28
2.3	Produção Enxuta (<i>Lean Production</i>).....	32
2.3.1	Casa do Sistema Toyota de Produção.....	35
2.3.1.1	Autonomação.....	36
2.3.1.2	<i>Just-in-time</i>	38
2.3.1.3	Kanban.....	39
2.4	Construção Enxuta.....	41
2.4.1	Conceituação da Construção Enxuta	43
2.4.2	Os Onze Princípios da Construção Enxuta	46
2.4.3	Aplicação de ferramentas na Construção Enxuta	51
2.4.3.1	5S.....	51
2.4.3.2	<i>Poka-yoke</i> (a prova de erros)	53
2.4.3.3	Célula de Produção na Construção Enxuta.....	55
2.4.3.4	Macro Mapeamento do Fluxo de Valor	58
2.4.3.5	<i>Last Planner</i>	60
2.4.3.6	Linha de Balanço (<i>Line-of-Balance</i>).....	63
2.5	Considerações sobre este capítulo.....	66
3	Medição de desempenho.....	68

3.1	Gestão do Desempenho	68
3.2	Desempenho	71
3.3	Inadequação da medição de desempenho tradicional.....	73
3.4	Revolução na medição de desempenho.....	75
3.5	Dimensões da medição de desempenho	76
3.6	Principais modelos de sistema de medição de desempenho.....	85
3.6.1	O modelo SMART (<i>Strategic Measurement and Reporting Technique</i>).....	86
3.6.2	Balanced Scorecard (BSC).....	88
3.6.3	Performance Prism	91
3.7	Considerações sobre a medição de desempenho na Produção Enxuta.....	94
3.7.1	Indicadores de desempenho na construção civil.....	101
3.8	Considerações finais sobre esse capítulo	105
4	Pesquisa de Campo	107
4.1	Método de Pesquisa	107
4.1.1	Método de procedimento.....	108
4.1.2	Estudos de caso.....	110
4.2	Dados de Campo.....	118
4.2.1	Construtora de edificios residenciais	119
4.2.2	Análise da Construtora de edificios residenciais	133
4.2.3	Construtora de obras industrial e institucional.....	139
4.2.4	Análise da Construtora de obras industrial e institucional.....	146
4.2.5	Fabricante de pré-fabricados de concreto	150
4.2.6	Análise da Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 1	158
4.2.7	Análise da Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 2	166
4.2.8	Construtora de obras industrial e residencial.....	170
4.2.9	Análise da Construtora de obras industrial e residencial.....	180
5	Análises dos Casos	184
6	Conclusões	196
6.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	201
	Referências Bibliográficas	202
	Apêndice A – Roteiro da pesquisa	215

1 Introdução

A cadeia produtiva da construção civil é um dos setores mais importantes da economia brasileira. Essa importância ganha amplitude no momento em que, além de representar 13,8% do PIB em 2003 (15,5% no biênio 2000/2001) constata-se que o setor é responsável pela geração de cerca de 15 milhões de empregos, sendo, isoladamente, o maior empregador do país, responsável pela contratação de 3,8 milhões de empregados diretos (SEMINÁRIO DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO, 2005). O setor também é dependente de investimento público, segundo a Pesquisa Anual da Indústria da Construção, em 2005, as mais de 105 mil empresas do setor realizaram obras e serviços no valor de R\$ 100,0 bilhões, sendo que deste montante 41,7% vieram de obras contratadas por entidades públicas (IBGE, 2007).

A construção civil é composta por construtoras, incorporadoras e prestadoras de serviços e por vários segmentos da indústria de materiais de construção incluindo o comércio dos produtos e serviços. A heterogeneidade é uma das características marcantes desse setor, formado por elevado número de empresas, na maioria micro e pequenas, com vocações e estruturas as mais diferentes. Observando-se que os produtos e serviços da construção são bastante diversificados em termos de qualidade e desempenho.

Outra característica importante é que esse setor produtivo relaciona-se de forma intensa com empresas de diversos setores da economia. Este relacionamento resulta em muitos aspectos em um efeito aglutinador, pois essas empresas configuram diferentes patamares tecnológicos. A construção civil recebe dessas empresas os insumos básicos como, matéria-prima, produtos, componentes, equipamentos, utilizados na execução de seus empreendimentos. Por exemplo, são materiais originários da extração de minérios, como gesso e vários tipos de pedras, da fabricação de cimento e de componente eletrônico utilizado em automação e supervisão predial. Essa relação resulta que um investimento ou melhoria no setor da construção proporciona em um grande efeito multiplicador com significativos indicadores econômicos e na geração de empregos.

Apesar destes resultados, a construção civil, ao longo dos anos, foi objeto de

críticas principalmente em decorrência dos altos custos de seus empreendimentos, configurados por elevados índices de desperdício de material e de sua baixa produtividade comumente justificados pela alta rotatividade e baixa qualificação da mão-de-obra, dentre outros fatores.

Esta situação deu-se, principalmente, porque, até a década de 1980, havia um elevado número de obras públicas que eram pouco exigentes quanto à qualidade e os clientes privados (habitação, comerciais etc.) desacostumados e mesmo despreparados para exigirem os seus direitos de consumidores. Isso permitiu que as empresas do setor conseguissem obter grandes lucros, pois os custos eram facilmente repassados para os preços dos produtos da construção civil. No entanto, essa situação inibiu o setor à introdução de novas tecnologias que buscasse a otimização do processo de produção, visando o aumento da produtividade por meio de racionalização no uso de recursos humanos e de materiais para realização de suas atividades, da padronização de projetos, e uso de novas tecnologias e da implantação de programas de qualidade.

Desde 1990, a construção civil vem passando por transformações aceleradas em seu cenário produtivo e econômico, principalmente pelo crescente nível de exigência por parte de seus consumidores quanto ao preço, prazo e qualidade dos empreendimentos e de reivindicações da mão-de-obra por melhores condições de trabalho. Como, exemplo pode-se citar a NR-18 que estabelece Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, reeditada pelo Ministério do Trabalho e Emprego em 1995. Esta nova conjuntura resultou em pressões internas e externas, promovendo crescente grau de competição entre as empresas.

Além disto, outros fatores também contribuíram para transformação deste quadro, como: a abertura do mercado nacional, a privatização de empresas estatais, concessão de serviços públicos, a nova lei de licitações e, principalmente, a estabilização da economia. Depois de muitos anos de convivência com uma economia inflacionária, as empresas começaram a trabalhar em uma economia estabilizada. A organização e gestão da produção, antes relegadas em segundo plano, pois a ênfase estava na ciranda financeira, passaram a ter importância fundamental no controle de custos, na identificação e eliminação dos desperdícios e na manutenção dos prazos estabelecidos para a execução dos empreendimentos (SOUZA, 2004).

Estes fatores impulsionaram as empresas a buscarem melhores níveis de desempenho por meio de investimentos em gestão e tecnologia de produção.

No entanto, Souza (2004) adverte que embora nos últimos anos tenham realizados grandes esforços no sentido de introduzirem na construção civil programas da qualidade provindos de outros setores, têm-se encontrado dificuldades pela própria especificidade desse setor que pode ser resumida em linha geral como: possui atividade de nômade, empreender na criação de produto único e ser muito tradicional com grande inércia para mudança comportamental.

Dentre as várias alternativas como modelo para a organização e gestão da produção na construção civil, apresenta-se a Construção Enxuta (tradução livre de *Lean Construction*). Este modelo é considerado como uma vertente do paradigma da Produção Enxuta (*Lean Production*) que é a forma de organização e gestão da produção desenvolvida no Japão em meados da década 1950, inicialmente conhecida por Sistema Toyota de Produção (do inglês, *Toyota Production System*).

A revisão da bibliografia realizada mostrou a implantação das práticas *lean* em várias empresas de vários setores como, por exemplo, na Suécia (AHLSTRON; KARLSSON, 1996), no Chile (ALARCÓN; DIETHELM, 2001), em Cingapura (DULAIMI; TANAMAS, 2001), na Espanha (SÁNCHEZ; PÉRES, 2001), e no Brasil (FONTANINI; PICCHI, 2003).

1.1 Justificativa

Sánchez e Péres (2001) argumentam que o interesse na adoção de princípios *lean* pelas empresas é baseado, principalmente, em evidências empíricas que apresentam melhoria de competitividade, na forma de redução dos prazos e custos e aumento da qualidade, dentre outras.

Apesar das vantagens constatadas com a utilização dos princípios *lean* nas empresas, vários autores como: Ahlstron e Karlsson (1996); Mitropoulos e Howell (2001); Sánchez e Pérez (2001) relatam a inadequação entre a medição de desempenho tradicional e os princípios *lean*. Esses autores apontam que este é um assunto que merece a atenção dos pesquisadores.

Além disso, verifica-se nos trabalhos de Godinho Filho e Fernandes (2004) que analisaram 82 artigos acerca da produção enxuta e de Alves e Tsao (2007) que analisaram os

artigos publicados no *International Group for Lean Construction* (IGLC) entre 2000 e 2006, que os resultados dessas pesquisas, dentre outros, que esses autores identificaram a carência de trabalho que relacione a produção enxuta e a medição de desempenho.

Com base na revisão da bibliografia não foi identificado trabalho que mostre o relacionamento da Construção Enxuta e o Sistema de Medição de Desempenho.

1.2 Objetivo do Trabalho

Diante do exposto a questão de pesquisa que orienta este trabalho é: como as empresas, que implementaram a Construção Enxuta, estão mudando sua forma de medir o desempenho de seus processos construtivos?

Neste sentido, esta tese tem por objetivo investigar como as empresas, que estão adotando a Construção Enxuta, medem o desempenho de seus processos construtivos dentro dessa nova forma de organização e administração da produção.

1.3 Método de Pesquisa

Para alcançar o objetivo estabelecido, uma pesquisa empírica de abordagem qualitativa foi realizada. Esta pesquisa procurou obter informações de vários níveis hierárquicos das empresas, exigindo um procedimento abrangente possibilitando o acesso a várias pessoas. O método escolhido foi estudo de caso múltiplo do tipo explanatório. Os instrumentos utilizados foram: o questionário semi-estruturado, observação direta e análise de documentos (fornecidos pelas empresas estudadas).

Para realização dos estudos de caso, foram selecionadas quatro empresas cujo critério foi: estar inseridas na cadeia produtiva da construção civil como construtora, podendo variar o tipo de obra em edificações habitacionais ou obras industriais moldadas *in loco* ou pré-fabricadas; constar como empresa que utilizam as práticas da Construção Enxuta em publicação como artigo, dissertação, tese, reportagem em revista especializada, com participação em *workshop* ou seminário relacionado com o tema.

As empresas selecionadas foram: empresa relacionada ao setor de pré-fabricados de concreto com duas unidades fabris, sendo uma das fábricas na Grande São Paulo e outra no interior do Estado de São Paulo; uma empresa que atua no setor de edificação habitacional com sede em Fortaleza no Estado do Ceará; uma empresa que atua no setor habitacional e industrial com sede em Fortaleza no Estado do Ceará e uma empresa que atua na construção de obras industriais e institucionais com sede no interior do Estado de São Paulo.

Os entrevistados foram pessoas que participaram do processo de implantação e que utilizaram a Construção Enxuta como forma de organização e administração da produção. Na estrutura hierárquica das empresas, são gerentes, engenheiros de obra ou de fábrica.

Os principais resultados atingidos tratam da identificação de quais princípios da Construção Enxuta foram implementados e quais indicadores de desempenho que foram mantidos, criados e eliminados ou que perderam a importância.

1.4 Estrutura do trabalho

Incluindo este capítulo de Introdução (Capítulo 1), esta tese está definida em 5 capítulos.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão teórica realizada sobre Sistema Toyota de Produção, Pensamento Enxuto, Produção Enxuta, Construção Enxuta. Esses assuntos são fundamentais para a apresentação do contexto da pesquisa.

O Capítulo 3 apresenta uma revisão teórica efetuada sobre o tema “medição de desempenho” destacando sua importância e enfatizando seus elementos a serem considerados nesta pesquisa: a sistemática da medição de desempenho; o sistema de medição de desempenho; conjunto de medidas de desempenho e as medidas de desempenho individuais. Também analisa os principais modelos de medição de desempenho e apresentação de uma série de indicadores de desempenho utilizados na construção civil.

O Capítulo 4 relata a estratégia da pesquisa de campo que envolve uma discussão metodológica sobre o método de pesquisa empregado, seguido dos procedimentos necessários à coleta e análise de dados inerentes a esse método. Após isso, é feita uma descrição individual dos

casos estudados, nesta pesquisa, em quatro empresas.

O Capítulo 5 traz a análise intracasos (dentro dos casos) para cada caso individual e análise intercasos (entre casos).

O Capítulo 6 traz as conclusões do trabalho seguidas de recomendações para futuros trabalhos.

2 Construção Enxuta

Neste capítulo apresenta-se a evolução histórica dos conceitos sobre a Produção Enxuta. A partir de seu surgimento no Japão, como forma de concorrer com a indústria automobilística internacional, em particular com a norte-americana, até os dias atuais e sua aplicação em vários tipos de empresas. Da sua denominação inicial Sistema Toyota de Produção (STP) e suas várias vertentes como, por exemplo, *Lean Production* - Produção Enxuta, *Lean Construction* - Construção Enxuta e *Lean Thinking* - Mentalidade Enxuta. Além disso, enfocam-se as principais ferramentas aplicadas na Construção Enxuta.

2.1 Histórico

Há mais de 50 anos Peter Drucker, considerado o “pai da administração moderna”, definiu a indústria automobilística como "a indústria das indústrias" (DRUCKER, 1985). Esta menção refere-se principalmente a grande capacidade desta indústria em despontar como carro-chefe no desenvolvimento de novas formas de organização e gestão da produção e ser utilizada, em muitas vezes, como uma referência para demais setores produtivos.

O desenvolvimento desta indústria automobilística, a partir de sistemas artesanais, passou pelo sistema de produção em massa e, posteriormente, desenvolveu-se no Japão para o Sistema Toyota de Produção (STP - Toyota Production System) e atualmente é conhecido mundialmente por Produção Enxuta (WOMACK; JONES e ROOS, 1992).

Taylor, a quem é atribuída a introdução da administração científica, propôs no início do século XX uma clara divisão entre as atribuições de planejamento exercida pelos gerentes e a execução exercida pelos operários. No entanto, o modelo de organização taylorista não se constituiu do dia para a noite, tendo uma longa história, que remonta pelo menos ao século XVIII quando os engenheiros começaram a desenvolver uma abordagem sistemática de operações técnicas. Esta abordagem fundamenta-se sobre a idéia de “análise” do possível movimento, da “linguagem da ação”, idéia segundo a qual se pode decompor processos em operações, as operações em movimentos elementares, antes de recompô-los mais racionalmente

com a ajuda da abordagem científica (VELTZ; ZARAFIAN, 1994).

O sistema de produção em massa foi desenvolvido utilizando-se dos conceitos do taylorismo que preconizava a decomposição das atividades em tarefas simples. Seu desenvolvimento deu-se principalmente, por Henry Ford na *Ford Motor Company* e por Alfred Sloan na *General Motors*. Estas empresas juntamente com a *Chrysler Corporation* ficaram conhecidas como As Três Grandes (*Big Three*). Ford introduziu a linha de montagem para viabilizar a produção em massa incorporando conceitos da administração científica de Taylor, buscando a padronização e a intercambialidade das peças dos produtos para facilitar o processo de montagem. No entanto, apesar de o grande sucesso atingido no chão-de-fábrica, ele não conseguia repeti-lo no âmbito gerencial (WOMACK; JONES e ROOS, 1992).

Alfred Sloan faria do sistema de produção em massa, do qual Ford fora o pioneiro, um sistema completo, criando na *General Motors* divisões descentralizadas gerenciadas objetivamente pelo acompanhamento dos resultados numéricos. No intuito de conquistar novos mercados consumidores, ele desenvolveu uma faixa de cinco modelos de produtos que tinha por objetivo atingir os compradores potenciais de todas as rendas e por toda a vida (WOMACK; JONES e ROOS, 1992).

Em 1939, ocorreu o início da II Grande Guerra. O Japão e os Estados Unidos entram nesta guerra no final de 1941, combatendo em lados opostos. Durante este período, esses países empreenderam enormes esforços, concentrando-se na fabricação de equipamentos bélicos.

Ao término da guerra em 1945, ocorreu no Japão uma forte política de recuperação econômica, com importante aporte financeiro provinda dos Estados Unidos. O motivo principal desse auxílio foi a recuperação e o desenvolvimento da indústria japonesa, protegendo o país de possíveis ameaças do domínio do regime comunista na Ásia. Este ambiente político-econômico de recuperação do país e auxílio financeiro e tecnológico fornecido pelos Estados Unidos propiciaram a concepção do Sistema Toyota de Produção.

Ciente da situação que a indústria automobilística japonesa deveria enfrentar no mercado interno a concorrência de empresas internacionais, notadamente a indústria norte-americana, e também da necessidade de exportar seus produtos para outros países, Toyoda Kiichiro (1894-1952), então presidente da *Toyota Motor Company* declarou: “Alcançaremos os Estados Unidos em poucos anos, caso contrário, a indústria automobilística japonesa não

sobreviverá” (OHNO, 1997).

O Sistema Toyota de Produção começou a ser concebido a partir da década de 1950, por meio de estudos feitos por dois engenheiros, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, que visitaram, nos Estados Unidos, o complexo Rouge da *Ford Motor*, considerado na época, o maior e mais eficiente complexo fabril do mundo que utilizava o sistema de produção em massa. Eles concluíram que o Japão possuía certas particularidades que inviabilizariam tanto copiar ou mesmo melhorar o sistema de produção em massa. Os principais motivos que constituem esta impossibilidade são (WOMACK; JONES e ROOS, 1992):

- Mercado doméstico japonês era limitado e demandava numerosos modelos de veículos;
- A força de trabalho não era disposta a ser tratada como custo variável ou como um elemento que pudesse ser substituído facilmente;
- A inexistência de trabalhadores-hóspedes, ou seja, imigrantes temporários dispostos a enfrentarem condições precárias de trabalho, em troca de remuneração compensadora, como acontecia nas empresas automobilísticas norte-americanas;
- As indústrias automobilísticas dos países produtores de veículos motorizados desejavam operar no Japão e se a indústria automobilística japonesa desejasse sobreviver a esta concorrência no mercado interno deveria ser mais competitiva que estas; e
- A aplicação direta da produção em massa, na melhor das hipóteses, conseguiria colocar a indústria japonesa em pé de igualdade com as demais indústrias mundiais e o país devastado pela guerra necessitava de capitais e trocas comerciais favoráveis.

Diante desta situação, foi necessária a criação de um novo sistema de produção que proporcionasse o enfrentamento direto das demais indústrias automobilísticas mundiais por meio da eliminação do desperdício em suas linhas de produção em termos de material, mão-de-obra e tempo (FUJIMOTO, 1999).

Segundo Coriat (1994), Ohno estudou os sistemas de produção em massa adaptando-os para a realidade japonesa, que se caracterizava pela escassez de recursos (materiais, financeiros, humanos e de espaço físico), optando pela produção de pequenas quantidades de

numerosos modelos de produtos para atender uma demanda diversificada, em substituição aos produtos padronizados e com custos reduzidos por meio da produção de grandes quantidades (economia de escala). Isto resultou na flexibilização da produção. Para ganhar produtividade com tal diversidade de produtos, buscou-se a “fábrica mínima”, voltando sua atenção para a redução dos recursos estocados em fábrica materiais, equipamentos, recursos humanos, área construída. A idéia era de que os estoques escondiam ineficiências do processo e a explicitação destes problemas dava oportunidades para aprender e melhorar o processo. A transparência predominava no ambiente de trabalho e nos processos.

No final da década de 1940, quando Ohno estudou os supermercados norte-americanos e suas possíveis aplicações, seu ponto de partida era apenas imaginado, pois embora tivesse ouvido falar não conhecia esses supermercados. Somente na década de 1950, foram montados os primeiros supermercados nesse estilo no Japão, facilitando assim sua pesquisa (WOMACK; JONES, 1998).

No entanto, somente em 1956, quando fez sua primeira viagem aos Estados Unidos e visitou as fábricas da *General Motors* e da *Ford Motor Company* e de outras empresas fabricantes de máquinas, Ohno teve a oportunidade de realizar seu grande desejo de ver de perto um verdadeiro supermercado norte-americano. Ficou realmente impressionado, pois nestes locais o cliente podia obter: o que fosse necessário, no momento em que fosse necessário e na quantidade necessária (OHNO, 1997).

Em suas várias visitas às fábricas automobilísticas nos Estados Unidos, Ohno aprendeu muito com a produção em massa e de maneira contrária da opinião dos gerentes dessas fábricas, que consideravam essa forma de produção muito eficiente, ele considerava que havia muito desperdício. Entendeu que a pressão por manter as máquinas trabalhando no máximo de sua capacidade gerava grandes inventários intermediários. Viu também que manter a linha de produção sem interrupção gerava produtos defeituosos, daí passou a exigir que os operários parassem a linha de produção no momento que recebesse uma peça com defeito (HOWELL, 1999).

Ohno também descentralizou o gerenciamento no chão-de-fábrica tornando um sistema de produção visível com informações que envolvessem todos os operários. Tal “transparência” permitiu que as decisões fossem tomadas no local reduzindo a necessidade de

uma gerencia centralizada (HOWELL, 1999).

O Sistema Toyota de Produção foi desenvolvido durante décadas de maneira gradativa e evolutiva e destacam-se os seguintes eventos como parte de sua história: linhas de montagem e usinagem sincronizadas em 1950, sistema de abastecimento por supermercados na fábrica em 1953, adotado o painel de procedimento *Andon* em 1957, *Kanban* adotado em toda empresa (usinagem, forjaria, montagem etc.) em 1962, primeira linha automatizada, fábrica de *Kamigo* em 1966 e sistema de parada de posição fixa, na montagem, em 1971 (OHNO, 1997).

Os conceitos da Produção Enxuta foram popularizados no mundo Ocidental a partir do início dos anos 1990 com a publicação do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” por Womack; Jones e Roos (1992), que acentuou a difusão destas práticas de organização e gestão em empresas automobilísticas no mundo. Essa publicação apresenta o resultado de pesquisa realizada em 36 empresas localizadas em várias partes do mundo.

2.2 Pensamento Enxuto

Womack e Jones (1998) são os criadores do termo Pensamento Enxuto (*Lean Thinking*). Este termo refere-se aos conceitos da Produção Enxuta, enfatizando que o mesmo se aplica à empresa como um todo e não somente aos processos de produção.

Fontanini e Picchi (2003) afirmam que o Pensamento Enxuto não se restringe a um sistema de produção, sendo na verdade um sistema de negócios, abrangendo a empresa toda.

Segundo Womack e Jones (1998), o pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicitar e realizá-las de forma cada vez mais eficaz.

2.2.1 Os Cinco Princípios do Pensamento Enxuto

Womack e Jones (1998) descrevem Ohno como o mais feroz crítico do desperdício. Ele identificou e classificou os sete primeiros tipos de desperdício: por superprodução, por espera, por transporte, do processamento em si, na fabricação de produtos

defeituosos, por movimentação e por estoque (os tipos de desperdício serão descritos no ítem 2.3). Acrescentam que, independente do número de variedade de tipos de desperdícios, eles existem em toda parte. Estes autores sugerem o Pensamento Enxuto como forma de eliminação dos desperdícios.

A forma encontrada por esses autores para difundir a idéia do Pensamento Enxuto e facilitar a compreensão desta, foi da apresentação em cinco princípios, descrita a seguir (WOMACK; JONES, 1998):

- Especificar o Valor: o valor deve ser especificado pelas necessidades dos clientes e ser avaliado por ferramentas administrativas como: Desdobramento da Função Qualidade (QFD) e simulação. Essas ferramentas definirão atributos que propiciam a satisfação do cliente. A partir das necessidades dos clientes, empresas procuram contemplá-las e cobrando, por isso, um preço específico que viabilizará a manutenção desta no negócio e aumentando os lucros por meio da melhoria contínua dos processos, redução de seus custos e melhorias na qualidade;
- Fluxo de valor: conjunto de todas as ações específicas necessárias para se elevar um produto específico (ou seja, um bem, um serviço, ou mesmo a combinação dos dois) a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio: a tarefa de solução de problema que vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia, a tarefa de gerenciamento da informação que vai do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um detalhado cronograma; e a tarefa de transformação física que vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente. Possibilita a identificação das etapas necessárias para se produzir um produto e estabelece “quando” e “como” as decisões serão tomadas. Representa as atividades específicas necessárias para projetar, pedir e oferecer um produto específico, da concepção ao lançamento, do pedido à entrega e da matéria-prima às mãos do cliente. Nesta etapa todas as formas de desperdício devem ser eliminadas;
- Fluxo: o fluxo procura uma visão holística de todas as atividades necessárias para a produção de um produto ou serviço. A relação das atividades com seus correspondentes custos e duração, o relacionamento entre elas (restrição por recursos ou tecnológico) e o

atrelamento dos recursos necessários como quantidade de trabalho, caracterização e quantidade de material e classificação de equipamento e ainda as informações necessárias completam as unidades básicas necessária para a análise;

- Produção puxada: consiste em identificar o momento que o cliente necessita do produto e proceder a entrega neste momento. Significa o oposto da produção tradicional que é empurrada, ou seja, com a produção puxada, nada deve ser produzido pelo fornecedor a montante, sem que o cliente a jusante solicite; e
- Perfeição: refere-se à necessidade de se criar um círculo virtuoso permanente de criação de valor e eliminação de desperdício.

Picchi (2003) apresenta uma proposta de visão esquemática de integração, desde os objetivos gerais¹ do Pensamento Enxuto até as ferramentas, passando pelos cinco princípios de Womack e Jones (1998) e pelo nível intermediário de elementos fundamentais. Os exemplos de aplicações foram listados ao lado do elemento fundamental com o qual está mais relacionada, ressaltando-se que muitos têm relação com mais de um elemento fundamental e mais de um princípio (Quadro 2.1).

¹ Estes objetivos são apresentados da forma como são interpretados por Picchi (2003), uma vez que, segundo esse autor, não existe consenso na literatura sobre os mesmos.

Objetivos	Princípios	Elementos fundamentais	Exemplos de aplicação
<ul style="list-style-type: none"> Melhorar continuamente a competitividade da empresa por meio de: Eliminação dos desperdícios; Consistentemente atender aos requisitos dos clientes em variedade, qualidade, quantidade, tempo, preço. 	Valor	Pacote produto / serviço de valor ampliado	<ul style="list-style-type: none"> Variedade de produtos planejada
		Redução de <i>lead times</i>	<ul style="list-style-type: none"> Engenharia simultânea
	Fluxo de valor	Alta agregação de valor na empresa estendida	<ul style="list-style-type: none"> Mapeamento do fluxo de valor; Parcerias com fornecedores
		Fluxo	Produção em fluxo
	Trabalho padronizado		<ul style="list-style-type: none"> Gráfico de balanceamento de operação; Gerenciamento visual
	Puxar	Produção e entrega <i>just-in-time</i>	<ul style="list-style-type: none"> Takt time; Kanban; Nivelamento da produção
		Recursos flexíveis	<ul style="list-style-type: none"> Setup rápido; Equipamentos flexíveis; Multifuncionais de operadores
	Perfeição	Aprendizado rápido e sistematizado	<ul style="list-style-type: none"> Equipes autogerenciáveis; Cinco por quês; Programa de sugestões; 5S
		Foco comum	<ul style="list-style-type: none"> Compromissos da direção com os operários; Treinamento de todos na empresa e fornecedores nos princípios e ferramentas <i>lean</i>; Simplicidade na comunicação

Quadro 2.1 Visão entre os cinco princípios e as ferramentas

Fonte: Adaptado de Picchi (2003), p. 12

No entanto, conforme afirmam Womack e Jones (1998), essas ferramentas foram confundidas com o próprio sistema de produção, ou então, empresas optaram por adotar a

implementação de algumas delas isoladamente e acabaram não obtendo resultados satisfatórios ou apenas parciais. Para a obtenção de todos os benefícios é necessária uma mudança cultural, mais que a simples aplicação de técnicas e ferramentas para controle da produção.

Liker (2005) adverte que o sistema de produção não deve ser considerado meramente como um conjunto de ferramentas enxutas, como *just-in-time*, produção em células, 5S mas como um sistema em que todas as partes contribuem para o todo.

2.2.2 Os Quatorze Princípios do Modelo Toyota

Liker (2005) desenvolveu uma extensa pesquisa entrevistando mais de 40 gerentes da Toyota das áreas de produção, vendas, desenvolvimento de produto, logística etc. Além disto, visitou várias plantas da empresa, escritórios de vendas, um centro de distribuição e fornecedores.

Nessa pesquisa, esse autor sintetizou os resultados no formato de princípios, que receberam a denominação de “Quatorze princípios do Modelo Toyota”. Esta formulação tem como objetivo facilitar a divulgação e a aumentar a aprendizagem. Eles foram agrupados em quatro seções denominadas em 4Ps:

- Filosofia (do inglês, *Philosophy*): pensamento de longo prazo. Nesta, é enfatizado o pensamento de longo prazo, fundamentando a construção de uma empresa com caráter de aprendizagem capaz de adaptar-se às mudanças no ambiente interno e externo, propiciando sua sobrevivência;
- Processo (do inglês, *Process*): condições favoráveis produzem resultados favoráveis;
- Pessoal e Parceiros (do inglês, *People/Partners*): desenvolve-se um conjunto de atitudes como, respeitar, desafiar e desenvolver, com o objetivo de apoiar a melhoria e o desenvolvimento contínuo das pessoas; e
- Problemas (do inglês, *Problem Solving*): aprendizagem e melhoria contínua. O resultado de uma análise competente, proposta e implementação da solução, reflexão e comunicação das lições aprendidas é muito importante para a aprendizagem.

A seguir são apresentados os quatorze princípios identificados por Liker (2005) e que norteiam o Modelo Toyota de Produção. A elaboração desses princípios é o resultado de 20 anos de estudo desse autor na empresa.

Filosofia de longo prazo

- Princípio 1. Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo.

O processo certo conduzirá aos resultados certos

- Princípio 2. Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.
- Princípio 3. Usar sistemas puxados para evitar a superprodução.
- Princípio 4. Nivelar a carga de trabalho (*heijunka*).
- Princípio 5. Construir uma cultura de parar e resolver problemas para obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa.
- Princípio 6. Tarefas padronizadas são a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários.
- Princípio 7. Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.
- Princípio 8. Usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos.

Valorização da organização pelo desenvolvimento de seus funcionários e parceiros.

- Princípio 9. Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros.
- Princípio 10. Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.

A solução contínua da raiz dos problemas conduz à aprendizagem organizacional.

- Princípio 11. Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar.

- Princípio 12. Ver por si mesmo para compreender completamente a situação (genchi genbutsu).
- Princípio 13. Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções; implementá-las com rapidez.
- Princípio 14. Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável (hanse) e pela melhoria contínua (kaizen).

A Figura 2.1 representa a relação entre as quatro seções (4Ps) e os 14 Princípios do Modelo Toyota.



Figura 2.1 Relação entre os 4 Ps e os 14 Princípios

Fonte: Liker (2005), p. 44

O Quadro 2.2 apresenta uma comparação entre os cinco princípios do Pensamento Enxuto propostos por Womark e Jones (1998) e os quatorze princípios do Modelo Toyota

propostos por Liker (2005).

Cinco princípios do Pensamento Enxuto	Quatorze princípios do Modelo Toyota
Valor	1. Decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo. 9. Desenvolver líderes, que vivam a filosofia e a ensinem os outros. 10. Desenvolver pessoas e equipes que sigam a filosofia da empresa. 4. Nivelar a carga de trabalho (<i>heijunka</i>)
Fluxo de valor	2. Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona. 11. Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar. 13. Tomar decisões lentamente por consenso, implementá-las com rapidez.
Fluxo	8. Usar tecnologia confiável e testada que atenda aos funcionários e processos. 6. Tarefas padronizadas são a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários.
Puxar	3. Usar sistemas puxados para evitar a superprodução.
Perfeição	5. Cultura de parar e resolver problemas para obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa. 7. Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto. 12. Ver por si mesmo para compreender completamente a situação (<i>genchi genbutsu</i>); 14. Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável (<i>hanse</i>) e pela melhoria contínua (<i>kaizen</i>).

Quadro 2.2 Comparação entre os Cinco Princípios por Womark e Jones (1998) e os Quatorze Princípios propostos por Liker (2005)

Nota-se que os 14 princípios propostos por Liker (2005) assemelham-se a um

desdobramento dos 5 princípios proposto por Womark e Jones (1998). Por estarem mais bem divididos, os princípios de Liker (2005) facilitam mais a implementação da produção enxuta.

2.3 Produção Enxuta (*Lean Production*)

A expressão *Lean Production* foi cunhada pelo pesquisador John F. Krafcik do IMVP (*International Motor Vehicle Program* – Programa Internacional de Veículos Automotores) que enfatizava que empresas praticantes da Produção Enxuta obtinham, dentre outros benefícios, elevado nível de qualidade e produtividade (KRAFCIK, 1988).

Esta forma de gerir a produção foi definida como “enxuta” por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos de metade dos estoques no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos (WOMACK, JONES e ROOS, 1992). Esta proporção utilizada pelos autores “metade em tudo” refere-se a uma expectativa generalizada da melhoria em todos os componentes da produção; no entanto, não configura uma relação exata de ganho.

A Produção Enxuta combina as vantagens das produções artesanais e em massa, evitando os altos custos dessa primeira e a rigidez desta última. Com essa finalidade, emprega equipes de trabalhadores multiquificados em todos os níveis da organização, além de máquinas flexíveis e cada vez mais automatizadas para produzir imensos volumes de produtos de ampla variedade. Foi desenvolvida com a premissa de aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e eficiente dos vários tipos de desperdícios que permeiam um sistema de produção (OHNO, 1997).

“Muda” é uma palavra japonesa que significa desperdício. Pode ser entendido como qualquer atividade humana que absorve recursos mas não cria valor, como por exemplo: erros que exigem retificação, produção de itens indesejados pelo consumidor, custo de manter mercadorias em estoque, etapas de processamento que não são necessárias, movimentação de funcionários e transporte de mercadorias de um lugar para outro sem propósito, grupos de

pessoas em uma atividade posterior que ficam esperando porque uma atividade anterior não foi realizada dentro do prazo e bens e serviços que não atendem às necessidades dos clientes (WOMACK; JONES, 1998).

Um processo de produção, em geral, é composto por várias etapas e atividades, podendo tornar-se bastante complexo. Para propiciar a identificação das perdas necessita-se reconhecer a sua natureza. Para sustentar o processo de identificação e eliminação das perdas, que não agregam valor. Ohno (1997) propõe as seguintes categorias:

- Perda por superprodução: pode ser dividida em perdas quantitativas e perdas antecipadas; a superprodução quantitativa é a perda por produzir além do volume programado e perda por superprodução antecipada é a perda decorrente de uma produção realizada antes do momento necessário;
- Perda por espera: pode ser de dois tipos: perdas por espera do processo, que acontece, por exemplo, quando um lote inteiro permanece esperando liberação, enquanto o lote precedente é processado, inspecionado ou transportado; e perdas por espera do lote, que acontece, por exemplo, quando os componentes de um lote esperam até que o processamento de todo o lote seja concluído;
- Perda por transporte: todo transporte é desperdício e a otimização do transporte é, no limite, sua eliminação total;
- Perda do processamento em si: consiste naquelas atividades de processamento que são desnecessárias para que o produto/serviço adquira as características desejadas ou especificadas pelo cliente;
- Perda por fabricação de produtos defeituosos: consiste na produção de peças, sub-componentes e produtos acabados que não atendem as especificações de qualidade requeridas pelo projeto;
- Perda por movimentação: consiste nos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação; e
- Perda por estoque: consiste nas manutenções de estoque de matérias-primas, material em

processamento e produtos acabados.

Liker (2005) considera que a perda mais relevante diz respeito à superprodução, já que esta causa a maioria dos outros tipos de perdas. Produzir mais cedo ou em quantidade maior que o desejado pelo cliente em qualquer operação no processo de fabricação leva necessariamente à formação de estoque em algum ponto posterior no processo. O material fica esperando para ser processado na operação seguinte. Além disso, possíveis irregularidades somente serão identificadas na próxima etapa, quando houve um elevado número de produto.

Além disso, Ohno (1997) enfatiza que o movimento do operário na área de produção deve ser movimento de trabalho, ou movimento de agregação de valor. No entanto, as atividades dos operários podem ser divididas em duas diferentes maneiras: trabalho e perdas. A Figura 2.2 ilustra os movimentos dos operários.



Figura 2.2 Classificação dos movimentos dos operários

Fonte: Ohno (1997), p.74

O trabalho pode ainda ser subdividido em dois grupos: trabalho efetivo - que adiciona valor (do inglês, *value added work*) que significa alguma forma de processamento e trabalho auxiliar – que não adiciona valor (do inglês, *non value added work*), mas é necessário para dar suporte ao trabalho que adiciona valor. Perda constitui-se, conceitualmente, de trabalho

desnecessário, ou ações que geram custos, porém não adicionam valor ao produto ou serviço.

O limite entre o que se considera trabalho adicional e perda é muito pequeno, podendo gerar dúvida, por exemplo, para o serviço de alvenaria: taliscamento e conferência de alinhamento ou prumo são considerados serviços adicionais, no entanto, buscar ferramentas esquecidas, ou quantidade de material inferior ao necessário, precisando buscar o suficiente, são em ambas situações indicativo de falta de planejamento, sendo essas atividades consideradas como perdas.

Além disso, segundo Liker e Méier (2007), o importante a ser observado é que as perdas, além de consumirem recursos como material, mão-de-obra, equipamento, causam um impacto de desestímulo nos operários, isto é, como elas ocultam os problemas então os operários não são motivados a resolvê-los, criando assim pessoas que não são acostumadas a pensar, inibindo sua criatividade.

Além disso, segundo Liker e Méier (2007), o importante a ser observado é que as perdas, além de consumirem recursos como materiais, mão-de-obra, equipamento, causam um impacto negativo nos operários, desestimulando-os. Como as perdas, em geral, ocultam os problemas, os funcionários não são motivados a resolvê-los, criando com isto, pessoas não acostumadas a pensar, inibindo sua criatividade.

2.3.1 Casa do Sistema Toyota de Produção

Com a evolução das melhores práticas necessitou-se de uma forma de difusão entre as demais plantas da Toyota e os fornecedores. Assim, com este objetivo, Fujio Cho, discípulo de Taiichi Ohno desenvolveu uma representação simples – uma casa (Figura 2.3). A utilização dessa simbologia explica-se com o fato de uma casa ser um sistema estrutural estável e equilibrado. O equilíbrio dá-se com fundação, estrutura e cobertura fortes (LIKER, 2005). Uma conexão frágil entre as partes pode fragilizar todo o sistema.

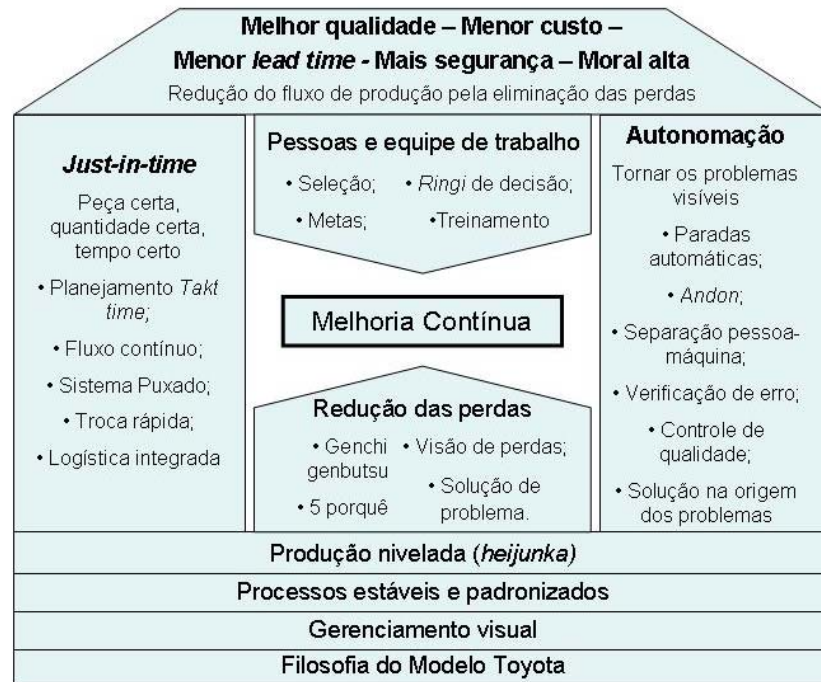


Figura 2.3 Casa representando o Sistema Toyota de Produção

Fonte: Liker (2005), p. 51

O nivelamento da produção (*heijunka*) em volume e em combinação (variedade) de produtos simboliza a base da casa. Assim, não se fabrica produtos de acordo com o fluxo real de pedidos dos clientes, sendo que esse pode subir e descer drasticamente, mas toma o volume de pedidos em um período e nivela-os para que a mesma quantidade e combinação seja produzida a cada dia (LIKER, 2005).

Os dois pilares que dão sustentação à casa do Sistema Toyota de Produção são: a automação, ou automação com um toque humano (*jidoka*) e o *just-in-time* (“no momento exato”) (OHNO, 1997), cujo detalhamento será feito na seqüência.

2.3.1.1 Automação

Conceitua-se automação como a transferência da inteligência humana para equipamentos automatizados de modo a permitir que as máquinas detectem a produção de uma única peça defeituosa e suspendam imediatamente seu funcionamento enquanto se solicita ajuda.

Este conceito, conhecido com *jidoka*, teve como pioneiro Sakichi Toyoda, no início do século XX, quando ele inventou as máquinas de fiação automáticas que paravam instantaneamente quando uma linha se rompia. Isso permitia que um operador supervisionasse várias máquinas sem risco de produzir grandes quantidades de tecido defeituoso (WOMACK; JONES, 1998).

Segundo Shingo (1996), a automação separa completamente os trabalhadores das máquinas por meio do uso de mecanismos sofisticados para detectar anormalidades de produção. Para ser totalmente “autonomatizado”, uma máquina deve ser capaz de detectar e corrigir os seus próprios problemas operacionais. Desenvolver um equipamento que detecte problemas (pré-automação) é viável tanto técnica como economicamente. No entanto, fazer com que essa máquina também corrija uma anormalidade, pode transformar-se numa solução muito cara e tecnicamente inviável e, em consequência, não é trivial justificar esse custo.

Uma definição abrangente pode ser encontrada em Léxico Lean (2003):

“Automação é um conceito criado para designar a combinação da automação com a inteligência humana. Isso porque se dá aos equipamentos a habilidade de distinguir as peças boas das peças ruins autonomamente, sem precisar do monitoramento de um operador. Elimina-se assim a necessidade dos operadores observarem continuamente, acarretando um grande aumento de produtividade, pois um mesmo funcionário pode operar diversas máquinas, o que é comumente chamado de manuseio de múltiplos processos. E ainda, fornece às máquinas e aos operadores a habilidade de detectar quando uma condição anormal ocorreu e interromper imediatamente o trabalho. Isso possibilita que as operações construam a qualidade do produto em cada etapa do processo e separa os homens das máquinas para um trabalho mais eficiente. Chama a atenção para as causas dos problemas, pois o trabalho é interrompido imediatamente quando um problema ocorre. Isso leva as melhorias no processo de garantia da qualidade, eliminando as causas-raiz dos defeitos”

A função controle, que antes era uma atribuição exclusiva dos operários transfere-se para as máquinas, liberando o operador da responsabilidade de supervisionar o processamento. A máquina consegue detectar uma situação anormal e dependendo da gravidade interromper a linha de produção. A partir desse momento a intervenção humana é necessária. A Figura 2.4 representa o ciclo de automação (*jidoka*).

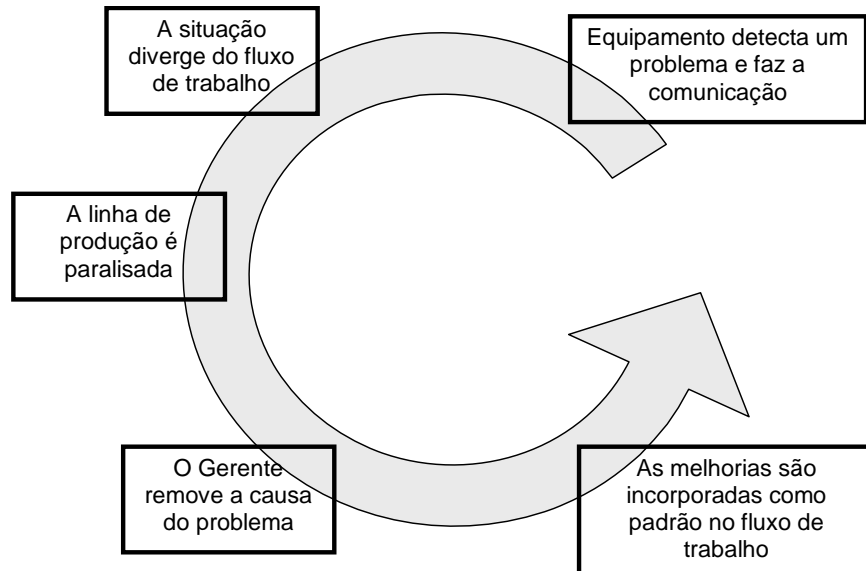


Figura 2.4 Autonomiação (*Jidoka*)

Fonte: Adaptado de TOYOTA MOTOR CORPORATION GLOBAL

Segundo Ohno (1997), o conceito da autonomiação é mais abrangente, não se restringindo apenas às máquinas, mas também aos operários que diante de uma situação anormal têm a responsabilidade de parar a linha de produção.

2.3.1.2 *Just-in-time*

O segundo pilar do Sistema Toyota de Produção, o *just-in-time*, foi concebido por Ohno inspirado nas prateleiras de supermercados norte-americanos, das quais os clientes retiram o que precisam, quando precisam e na quantidade necessária. A transferência dessa noção de atendimento às necessidades do cliente resultou não em uma ferramenta, mas em uma filosofia (CORIAT, 1994). O objetivo é que cada posto de trabalho produza apenas a quantidade necessária, quando necessário e na qualidade exigida, reduzindo a necessidade de estoques, tanto de matéria-prima como de subprodutos. A caracterização como uma filosofia decorre do fato de que esse objetivo só pode ser alcançado mediante uma série de condições que envolvem o ambiente físico, o comprometimento das pessoas envolvidas em toda cadeia de produção, treinamento e a própria cultura focada na qualidade (SHINGO, 1996).

Segundo Ohno (1997), *just-in-time* significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça esse fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero. Ainda, segundo esse autor, do ponto de vista da gestão da produção, esse é um estado ideal; no entanto, adverte que é muito difícil aplicar o *just-in-time* ao plano de produção de todos os processos envolvidos de forma ordenada em um produto feito com milhares de componentes e um número enorme de processos.

Os operários são responsáveis pela qualidade e pelo controle do processo, de forma que os erros são corrigidos por aqueles que os causaram, dando oportunidade para refletir sobre as causas do problema e formas de evitá-los. Como não há produção para estoques, cada operário é responsável por entregar a "qualidade" para a etapa seguinte, pois a falta dessa seria prontamente sinalizada pela etapa seguinte, havendo desabastecimento.

Slack *et al.* (1999) enfatizam que o aspecto básico do *just-in-time* é a produção de bens e serviços exatamente no momento em que serão necessários - não antes para não se transformarem em estoque, e não depois para que seus clientes não tenham que esperar. Além desse elemento temporal, pode-se adicionar as necessidades de qualidade e eficiência. A manutenção de estoque amortecedor tem por objetivo manter um isolamento entre os estágios produtivos, de maneira que no caso de haver a interrupção da produção em um estágio, o próximo deve continuar trabalhando, ao menos por algum tempo.

2.3.1.3 Kanban

Dentre as ferramentas para a implantação do *just-in-time*, destaca-se o *kanban*. Segundo Ohno (1997) a idéia da criação do *kanban* foi retirada por ele dos supermercados norte-americanos.

Shingo (1996) argumenta que os supermercados têm várias características que também são evidentes no sistema *kanban*: os consumidores escolhem diretamente os produtos e compram suas preferidas; e o trabalho de reposição dos empregados é facilitado, pois os próprios consumidores retiram e transportam suas compras, ao invés de utilizar um sistema de reabastecimento estimado, a reposição é feita somente na quantidade do que foi vendido, reduzindo, dessa forma, os estoques. Essas condições permitem a redução dos preços dos

produtos.

Desta forma, Ohno inspirado nesse sistema de fornecimento, implantou o sistema de controle de produção puxada pela demanda (interna e externa), ou seja, a produção nos postos de trabalho é autorizada e não programada de acordo com a expectativa de demanda (produção empurrada) (CORIAT, 1994).

O sistema de “puxar” a produção a partir da demanda - produzindo em cada estágio os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário - ficou conhecido no Ocidente como sistema *Kanban*. A palavra *Kanban*, de origem japonesa, significa cartão ou sinal. Algumas vezes é também chamado de "correia invisível", pois controla a transferência de material de um estágio a outro da operação. Em sua forma mais simples, é um cartão utilizado por um estágio cliente para avisar seu estágio fornecedor de que mais materiais devem ser enviados. Os *kanbans* podem também ser divididos em três tipos (SLACK *et al.* 1999):

- *Kanban* de transporte: é usado para avisar o estágio anterior que o material pode ser retirado do estoque e transferido para o destino específico. Neste tipo, normalmente terá detalhes como número e descrição do componente específico, o lugar de onde ele deve ser retirado e o destino para o qual ele deve ser enviado;
- *Kanban* de produção: é um sinal para o processo de produção de que ele pode começar a produzir um item para que seja colocado em estoque. A informação contida neste tipo normalmente inclui número e descrição do componente, descrição do próprio processo, materiais necessários para a produção do componente, além do destino para a qual o componente deve ser enviado depois de produzido; e
- *Kanban* do fornecedor: é usado para avisar ao fornecedor que é necessário enviar material ou componente para um estágio da produção. Neste sentido, ele é similar ao *Kanban* de transporte, porém normalmente utilizado para integrar fornecedores externos.

Podem-se encontrar vários exemplos da aplicação do *kanban* na construção civil, como por exemplo, em Casarotto (2002) e Alves e Tommelein (2007) que apresentam estudos

que discutem a importância do gerenciamento da cadeia de suprimentos da construção civil, e indicam, dentre outros, o *kanban* como importante elemento de ligação entre as empresas.

Leite *et al.* (2004) apresentam um exemplo de *kanban* para a produção de argamassa, que consta com as seguintes informações:

- Quantidade de traço: cada traço equivale à mistura de argamassa que utiliza um saco de cimento. Foram criadas fichas para 1 traço e ½ traço;
- Nome do tipo de argamassa: a etiqueta com o nome da argamassa fica localizada na parte superior, por exemplo: reboco interno, assentamento de alvenaria, contrapiso etc. Cada tipo de traço tem sua cor equivalente;
- Etiqueta para o pavimento: cada cartão possui uma etiqueta para a colocação do pavimento. Essa etiqueta pode ser substituída para a reutilização do cartão; e
- Etiqueta para o horário: cada cartão possui uma etiqueta para a colocação do horário do pedido e do seu atendimento. Essa etiqueta pode ser substituída para a reutilização do cartão.

Basicamente, o *kanban* é uma forma de reposição de material, uma maneira de sinalizar que material está pronto e, portanto, pode ser retirado ou para informar da necessidade de início de sua produção, sendo estas situações características de um sistema puxado. No entanto, Liker (2005) adverte que nem tudo pode ser repostado por meio de um sistema puxado. Muitos materiais devem ser gerenciados de forma agendada, principalmente aqueles não corriqueiros que não fazem parte do cotidiano. Cita-se, por exemplo, o fornecimento dos elevadores sociais ou do gerador do sistema de iluminação de emergência.

2.4 Construção Enxuta

A Construção Enxuta surgiu no início dos anos 1990, tendo como marco principal a publicação do trabalho “*Application of the new production philosophy in the construction industry*” por Koskela (1992). Em seguida foi criado o *International Group for Lean Construction* - IGLC, com o intuito de divulgar esses novos conceitos de forma mundial.

O IGLC realiza encontros anuais, nos quais são apresentados trabalhos de autores de diversos países abordando diferentes aspectos da Construção Enxuta, tais como: teoria, implementação, gerenciamento da cadeia de suprimentos, segurança e meio ambiente, cultura organizacional, desenvolvimentos de produtos, entre outros².

O *Lean Construction Institute* (LCI) é uma corporação sem fins lucrativos e foi fundado em 1997 por Glenn Ballard e Gregory A. Howell. Esse instituto desenvolve pesquisas para disseminar o conhecimento a respeito de gerenciamento do projeto, execução etc., relacionado com a construção civil³.

Koskela (1997) refere-se a Construção Enxuta como uma nova filosofia de produção originada no Sistema Toyota de Produção, mas também influenciada por autores consagrados como Deming, Juran e Feigenbaum. Acrescenta que ela foi aprimorada em concordância com o desenvolvimento de novas ferramentas como, por exemplo, Desdobramento da Função Qualidade - QFD (do inglês *Quality Function Deployment*).

Este novo paradigma representa a tentativa de diversos acadêmicos internacionais de ajustar os conceitos da Produção Enxuta ao setor da construção civil. Destes, vários descrevem o processo de implantação da Construção Enxuta em empresas de várias partes do mundo.

Alarcón e Diethelm (2001) descrevem a introdução da Construção Enxuta em empresas chilenas. Explicam que várias atividades foram desenvolvidas em conjuntos entre as empresas, como a implementação de métodos de identificação e redução de desperdício de material e de mão-de-obra e de práticas de *benchmarking* setorial (ou industrial), que é uma comparação mais ampla entre empresas da mesma indústria. No entanto, cada empresa desenvolveu seu próprio comitê de implantação. Alguns aspectos relevantes da implementação estudada por eles: introdução: o envolvimento da alta gerência como elemento motivador e a criação de comitê de implantação.

Dulaimi e Tanamas (2001) descrevem que em Cingapura, empresas da construção certificadas ISO 9001, atendendo às recomendações do relatório Construção 21⁴, publicado em 1999, iniciaram processo de implantação dos conceitos da Construção Enxuta. Esses autores

² Os anais das conferências podem ser consultados em <http://cic.vtt.fi/lean>.

³ Detalhes em www.leanconstruction.org.

⁴ Relatório elaborado pelo Ministério do Trabalho e Ministério do Desenvolvimento Nacional de Cingapura, que analisa a construção civil e sugere dentre outras, a Construção Enxuta como forma de aumentar a competitividade.

concluem que somente partes dos conceitos foram implantadas e apontam a resistência cultural, trabalhadores desqualificados e descomprometidos, alta rotatividade implicando em falta de treinamento, como elementos dificultadores do sucesso da implantação.

Segundo Conte (2002), a implantação dos conceitos da Construção Enxuta é possível independentemente da tecnologia empregada pela empresa. O planejamento da produção deve-se manter equilibrado evitando-se os picos de produtividade que ocasionam melhora em determinada atividade, mas não em todo projeto. Este autor indica a utilização da Linha de Balanço (LOB)⁵, técnica de planejamento e controle da produção utilizada em projetos denominados lineares, característicos por significativo número de atividades repetitivas, como por exemplo, edifícios residenciais, para a implantação da Construção Enxuta.

Picchi e Granja (2004) constatam que na maioria das experiências de implementação da Construção Enxuta são utilizadas ferramentas isoladas em cada obra e geralmente fragmentadas, sem conexão entre elas. A utilização de uma interpretação sistêmica das práticas *lean* e de suas ferramentas, fazendo uso do Mapeamento do Fluxo de Valor, em seus estados atual e futuro, ainda é um cenário praticamente inexistente na construção civil, concluem os autores.

Percebe-se que a Construção Enxuta encontra-se em expansão com a criação de institutos de pesquisa e também com sua utilização em vários países. No entanto, para que ocorra uma maior difusão é necessário vencer os principais entraves ocasionados pelas especificidades da construção civil, como resistência cultural, alta rotatividade etc.

2.4.1 Conceituação da Construção Enxuta

Koskela (1992) define a produção como um fluxo de materiais e/ou informações desde a matéria-prima até o produto acabado. Nesse fluxo, o material pode estar sendo processado, inspecionado ou movimentado, ou ainda estar esperando - pelo processamento, inspeção ou movimentação. Tais atividades às quais o material pode ser submetido são inerentemente diferentes. O processamento representa o aspecto de conversão do sistema de produção; a inspeção, a movimentação e a espera representam os aspectos de fluxo da produção.

⁵ Linha de Balanço descrita no final deste capítulo

Os processos referentes aos fluxos podem ser caracterizados por tempo, custo e valor. Valor refere-se ao atendimento das necessidades dos clientes. Em grande parte dos casos, somente as atividades de processamento proporcionam a agregação de valor ao produto.

Koskela (1997) define esta nova filosofia aplicada à indústria da construção caracterizando-a por meio de: conceitos, princípios e métodos (Figura 2.5).

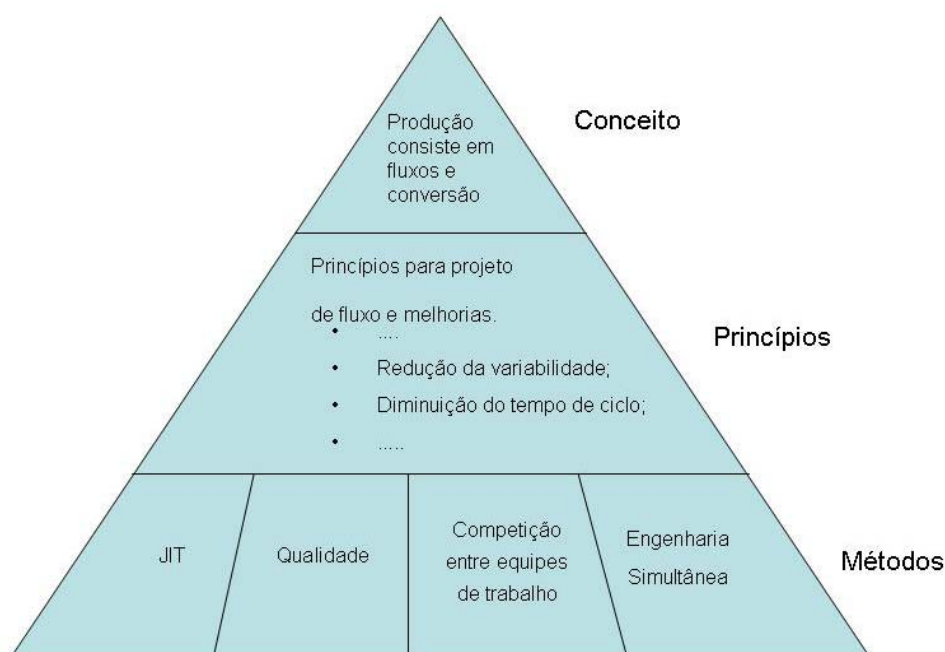


Figura 2.5 Diferentes níveis da Construção Enxuta

Fonte: Adaptado de Koskela (1997) p. 3

A concepção inicial da Construção Enxuta foi baseada na observação que existem dois aspectos em todos os sistemas de produção: fluxo e conversão (KOSKELA, 1993).

Enquanto todas as atividades consomem recursos e tempo somente algumas agregam de maneira efetiva material ou informação ao produto. São consideradas como atividades que agregam valor, por exemplo, assentamento de tijolos na execução de alvenaria, concretagem etc. As atividades improdutivas são as que representam as perdas no processo, por exemplo, retrabalhos e operário parado por falta de material ou informação (FORMOSO, 2000).

Koskela (1992) descreve o modelo de produção convencional denominado por modelo de conversão, nos seguintes itens:

- Processo de produção é a conversão de entradas em saídas;
- Processo de conversão pode ser dividido em sub-processos que também são processos de conversão (Figura 2.6);
- Minimização dos custos de cada sub-processo pode minimizar o custo total do processo;
- Valor de saída do processo está associado com o valor de entrada do processo.

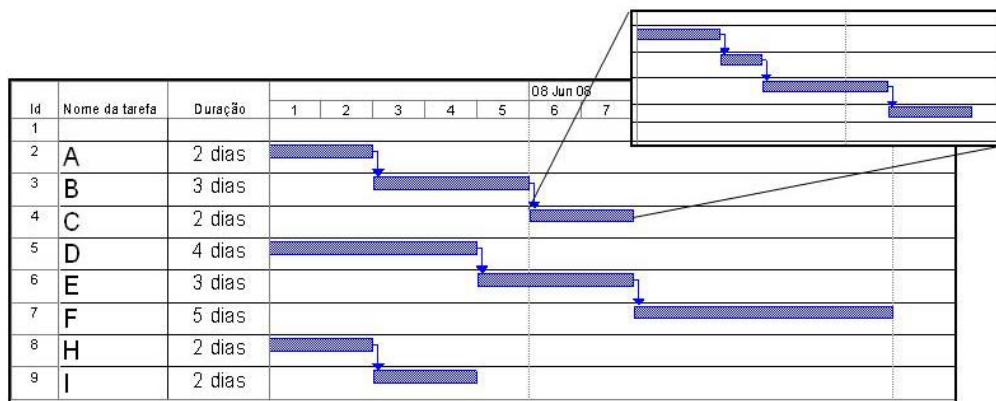


Figura 2.6 Divisão de processos em sub-processos

Fonte: Adaptado de Koskela (1992), p. 13

A mudança mais importante para a implantação da Construção Enxuta é a introdução de uma nova forma de entender os processos. O modelo conceitual dominante na construção civil costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão que transformam os insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (por exemplo, alvenaria, estrutura, revestimentos etc.) ou finais (edificação) (FORMOSO, 2000).

Na Construção Enxuta, assume-se que o processo consiste em fluxo de materiais, desde a matéria-prima até o produto final, sendo o mesmo constituído por atividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção (Figura 2.7).

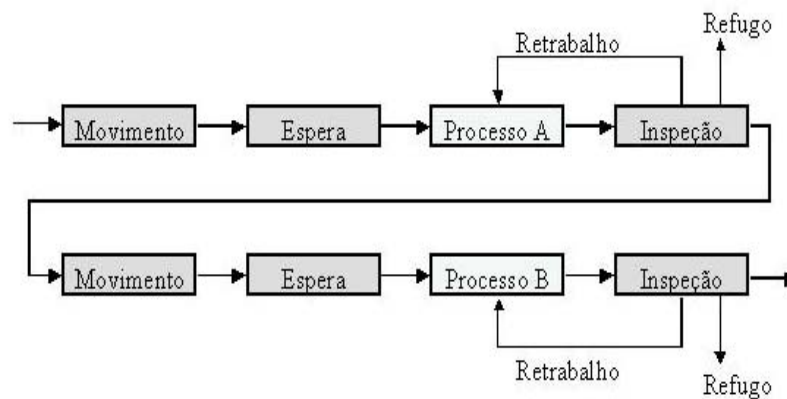


Figura 2.7 Fluxo de materiais

Fonte: Adaptado de Koskela (1992), p. 15

2.4.2 Os Onze Princípios da Construção Enxuta

Koskela (1992) apresenta esta forma de planejamento e controle da produção por meio de onze princípios procurando atender aos quesitos prazo, qualidade e custos. Esses princípios são descritos a seguir:

- Reduzir a parcela das atividades que não agregam valor: todo processo é composto por dois tipos de atividades, as que agregam valor e as que não agregam valor ao cliente. As atividades que agregam são denominadas dessa maneira, pois conseguem converter material ou informação em valor para o cliente. As atividades que não agregam valor são também denominadas de desperdícios, pois embora consumam tempo, espaço e recursos não agregam qualquer valor. O interesse está em identificar esse tipo de atividade e buscar sua diminuição ou eliminação.
- Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes: processo gerador de valor que identifica os clientes internos de cada etapa do processo de produção, identificando suas necessidades e também os clientes externos, identificando e analisando os requisitos desses clientes. Essas informações devem ser consideradas na gestão da produção e no desenvolvimento de produto;

- Reduzir a variabilidade: existem vários tipos de variabilidade, como por exemplo, variabilidade da matéria-prima (dimensões, características etc.), variabilidade do próprio processo (equipamentos utilizados, tempo para execução etc.), variabilidade na demanda (necessidade e interesse dos clientes etc.). Alguns desses tipos de variabilidades são mais facilmente possíveis de serem reduzidas como as de matéria-prima, outras variabilidades como os de processos podem ser combatidas com dispositivos *poka-yoke* (a prova de erros) e outras como a demanda que envolve fatores como expectativa dos clientes, disponibilidades de recursos são mais difíceis de serem reduzidas;
- Reduzir o tempo de ciclo: o tempo de ciclo pode ser definido como o somatório de todos os tempos necessários para ser produzir um determinado produto. Esses tempos podem ser, por exemplo, de transporte de material, de processamento, de espera e de inspeção. A identificação de ocorrências como “espera” (de material, de informação etc.) como um tempo improdutivo promovendo sua redução ou eliminação ou ainda a eliminação da necessidade de “inspeção” possibilitará a compressão do tempo total desta série de atividades. A diminuição do tempo de ciclo propiciará na entrega mais rápido do produto ao cliente;
- Simplificar por meio da redução do número de etapas: quanto maior o número de etapas de um processo produtivo, maior será a tendência de possuir um número maior de atividades que não agregam valor. São consideradas favoráveis as ações como a redução de etapas de um processo produtivo, utilização de mão-de-obra polivalente e consolidação das atividades;
- Aumentar a flexibilidade de saída: possibilidade de alterar os requisitos de diferentes clientes, adequando as características finais dos produtos ou serviços. Resultados favoráveis podem ser obtidos por meio da adoção de tecnologias construtivas mais facilmente ajustáveis e também com a utilização de mão-de-obra polivalente possibilitando melhorar o atendimento das necessidades finais dos clientes;
- Aumentar a transparência do processo: a falta de transparência de um processo de produção aumenta a possibilidade de erro, portanto a redução da visibilidade desses, diminuindo a motivação para a melhoria. A transparência torna visíveis possíveis

distorções no processo facilitando sua correção. Isto pode ser alcançado fazendo que o processo seja observável por meio de ajustes no arranjo físico ou com a utilização de controles visuais possibilitando que qualquer pessoa possa promover comparações com padrões e reconhecer imediatamente divergências. Outra forma de atingir a transparência consiste na aplicação de procedimentos que eliminem a desordem e estimulando a arrumação como a ferramenta 5S. As informações devem ser disponíveis para todos e não somente para a gerência. Esse princípio é um dos que mais promove o envolvimento da mão-de-obra;

- Focar o controle no processo completo: um processo de produção pode atravessar vários níveis organizacionais podendo inclusive ir além dos limites físicos da empresa, envolvendo fornecedores e clientes. O emprego de elemento responsável por todo o processo e a utilização de equipes de funcionários auto-gerenciáveis propicia o controle de um processo de produção. Mesmo processos complexos devem apresentar condições de serem controlados e medidos, de preferência pela aplicação de indicadores globais que indicadores locais;
- Introduzir melhoria contínua no processo: o esforço de diminuir o desperdício e aumento da agregação de valor em processo produtivo deve ser realizado de forma incremental e interativa. A melhoria contínua pode ser institucionalizada por meio do estabelecimento de metas como, por exemplo, redução do estoque e apresentação de propostas para atingi-las. Uma alternativa complementar é estimular a mão-de-obra para a responsabilidade de utilização de boas práticas, recompensando-a e desafiando o seu desenvolvimento. Atuar nas causas dos problemas não apenas nos seus efeitos;
- Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões: para qualquer processo de produção, tanto o fluxo quanto os aspectos de conversão têm potenciais diferentes de melhoria. A adoção de novas tecnologias tem impacto maior nas conversões, e em geral, a melhoria no fluxo pode ser iniciada com pequenos investimentos, mas normalmente exige um tempo mais longo que a melhoria na conversão.
- Benchmarking: estabelecimento de metas e de ações para atingi-las baseado em comparações com os melhores resultados de processos semelhantes. Identificar os líderes

do mercado, verificando os resultados de seus empreendimentos e promovendo análise dos seus pontos fortes e fracos. A adoção desses procedimentos exige ajustes, adaptação e aprimoramento, possibilitando um avanço na idéia original.

Muitos desses princípios são muito próximos, como por exemplo, os princípios “Reduzir a parcela das atividades que não agregam valor”, “Reduzir o tempo de ciclo” e “Simplificar por meio da redução do número de etapas” buscam identificar, reduzir ou eliminar atividades denominadas de desperdícios. Aspectos de qualidade podem ser contemplados no princípio “Reduzir a variabilidade” e o gerenciamento de prazo pode ser considerado no princípio “Reduzir tempo de ciclo”. As necessidades do cliente encontram-se atendidas em “Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes” e “Aumentar a flexibilidade de saída”.

Essa série de princípios mostra-se bastante abrangente, pois influencia vários aspectos de uma empresa como, por exemplo, controle de processos, identificação de desperdícios, envolvimento e motivação de funcionários etc. Com o intuito de atingi-la, Koskela (1992) sugere a utilização de métodos e ferramentas e destaca os mais importantes: *Just-in-time*, Gestão pela Qualidade Total, Redução do tempo, Engenharia simultânea, Reengenharia, Gestão visual e Envolvimento dos funcionários.

Os onze princípios de Koskela (1992) foram propostos antes dos cinco princípios proposto por Womark e Jones (1998). Em Picchi (2003), é apresentada uma comparação entre os onze princípios de Koskela (1992) com os cinco princípios apresentados por Womack e Jones (1998). A comparação é apresentada na Quadro 2.3.

Cinco princípios do Pensamento Enxuto (WOMACK e JONES, 1998)	Onze princípios para Construção Enxuta (KOSKELA, 1992)	
	Nível 1	Nível 2
Valor	Aumentar o valor do produto por meio da consideração dos requisitos dos clientes Reduzir o tempo de ciclo	
Fluxo de valor	Reduzir a parcela que não agregam valor	Simplificar por meio da redução de passos, partes e ligações; Focar o controle no processo global; Manter equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas conversões
Fluxo		Reduzir a variabilidade Aumentar a transparência do processo
Puxar	Aumentar a flexibilidade de saída	
Perfeição	Introduzir melhoria contínua no processo	Fazer benchmarking

Quadro 2.3 Comparação entre os onze princípios de Koskela (1992) e os cinco princípios de Womack e Jones (1998).

Fonte: Adaptado de Picchi (2003), p.13

Para esta comparação, Picchi (2003) classificou os onze princípios propostos por Koskela (1992) em dois níveis, sendo o nível 1 mais geral e o nível 2 mais operacional, aproximando-se das ferramentas. Esta divisão não é adotada por Koskela (1992) apresenta sem hierarquização ou classificação.

Quando comparado com os cinco princípios propostos por Womack e Jones (1998), os onze princípios de Koskela (1992) enquadram-se em um nível de maior detalhamento, facilitando sua compreensão e aplicação na construção civil, pois este é notoriamente um setor produtivo complexo e abrangente.

2.4.3 Aplicação de ferramentas na Construção Enxuta

A seguir são apresentadas algumas ferramentas aplicadas na Construção Enxuta.

2.4.3.1 5S

Das ferramentas citadas nas entrevistas desta pesquisa, provavelmente a mais utilizada e conhecida é a 5S. Segundo Liker (2005) é utilizada como elemento facilitador do trabalho em equipe, pois consiste em uma série de atividades utilizadas para eliminação das perdas que contribuem para a ocorrência de erros e defeitos.

Gonzalez (2005) apresenta um manual para aplicação da ferramenta 5S em empresas da construção civil, especificamente em canteiro de obras. Sugere a utilização dessa ferramenta como suporte para a implantação de sistemas da Qualidade como ISO 9001 ou, mais especificamente, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H. Este autor apresenta os possíveis resultados obtidos nos canteiro de obras: canteiro de obra mais organizado e limpo, melhoria no ambiente de trabalho, redução do entulho e do desperdício, melhoria da qualidade de vida dos operários, além da redução do custo da obra.

O termo 5S é derivado de cinco palavras, em japonês, que têm por início a letra S, descritas a seguir (SANTOS *et al.*, 2006):

- Seiri (senso de utilização): separar o material útil do que não é útil, eliminando o desnecessário. Esse é o primeiro passo para a implantação desta ferramenta. Consiste em selecionar os materiais classificando-os por: uso freqüente, pouco uso e sem uso. Após a seleção eliminar o que é desnecessário do local de trabalho. Com este senso, os benefícios são vários, como: facilidade de trânsito, aumento do espaço no local de trabalho, facilidade de limpeza, entre outros benefícios;
- Seiton (senso de organização): identificar e arrumar tudo, para que qualquer pessoa possa localizar facilmente. Este senso define os locais apropriados e critérios para estocar, guardar ou dispor os materiais, ferramentas, equipamentos e utensílios;
- Seiso (senso de limpeza): manter um ambiente sempre limpo, eliminando as causas da sujeira e aprendendo a não sujar. Buscar eliminação da sujeira, ou objetos estranhos, para

manter limpo o ambiente. Este senso não é, apenas, o ato de limpar, mas o ato de não sujar;

- Seiketsu (senso de higiene e padronização): manter um ambiente de trabalho sempre favorável à saúde e higiene. Este senso busca manter os três primeiros “S”, de forma contínua e padronizada.
- Shitsuke (autodisciplina): fazer dessas atitudes, ou seja, da ferramenta, um hábito, transformando os 5S num modo de vida, caracterizado pela educação e o compromisso. Desenvolve o hábito de observar e seguir normas e procedimentos, como a atender às especificações. Disciplinar é praticar, para que as pessoas façam as coisas certas, naturalmente. É uma forma de criar bons hábitos. É um processo de repetição e prática.

A Figura 2.8 representa o relacionamento entre os Cinco Sentos.

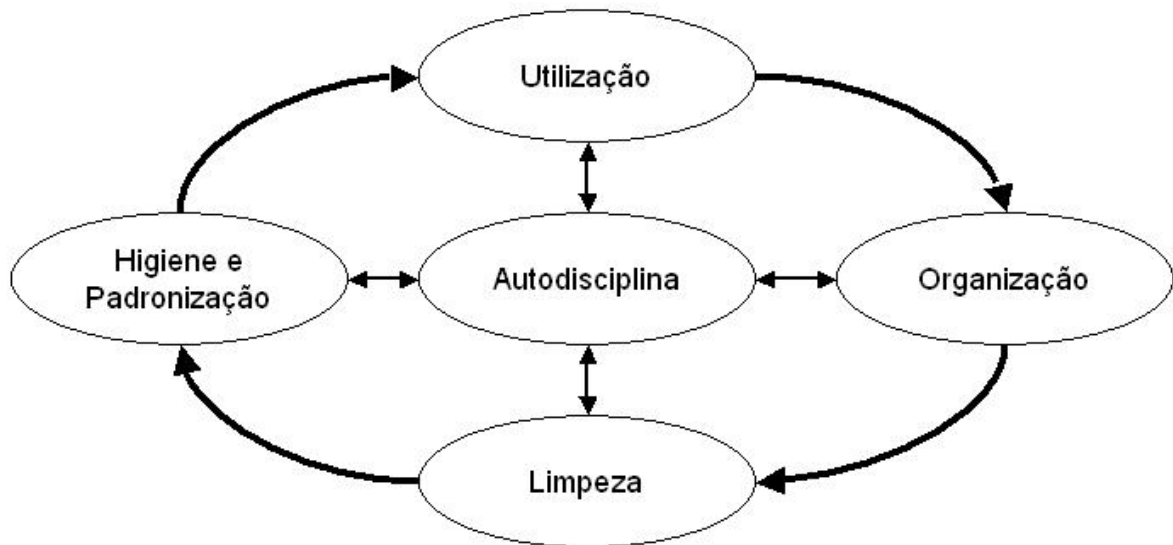


Figura 2.8 Relacionamento entre os Sentos

Segundo Liker (2005), o 5º S corresponde à autodisciplina, é o mais difícil de ser praticado, visto que mantém os outros quatro em funcionamento, enfatizando a educação, o treinamento e as compensações necessárias para incentivar os operários a manterem adequadamente e a melhorarem continuamente os procedimentos operacionais e o ambiente de

trabalho.

No entanto, embora essa ferramenta seja considerada por seus Sensores, René Descartes (1596-1650), matemático e filósofo francês advertiu em seu livro “O Discurso do Método” que inexistente no mundo coisa mais bem distribuída que o bom senso, visto que cada indivíduo acredita ser tão bem provido dele que mesmo os mais difíceis de satisfazer em qualquer outro aspecto não costumam desejar possuí-lo mais do que já possuem. Assim sendo, conclui o filósofo, que a diversidade de nossas opiniões não se origina do fato de serem alguns mais racionais que outros, mas apenas de dirigirmos nossos pensamentos por caminhos diferentes e não considerarmos as mesmas coisas.

Portanto, os esforços para implantação de uma ferramenta que tem por objetivo influenciar o comportamento dos funcionários no seu dia a dia devem ser feitos por meio do estabelecimento de objetivos claros e de procedimentos estruturados, não se valendo apenas da simples aplicação de bom senso.

2.4.3.2 Poka-yoke (a prova de erros)

A *Poka-yoke* ao contrário do 5S, é uma das ferramentas menos conhecida e aplicada (ao menos na construção civil).

Poka-yoke é um método que ajuda os operários a evitarem erros em seu trabalho, tais como escolha de peça errada, montagem incorreta de uma peça, esquecimento de um componente etc. (LÉXICO LEAN, 2003).

Segundo Shingo (1996) há duas maneiras nas quais *Poka-yoke* pode ser usado para evitar e corrigir erros. A *Poka-yoke* de controle é o dispositivo corretivo muito eficaz, porque paralisa o processo produtivo até que a condição causadora de defeito tenha sido corrigida. Esse dispositivo identifica situações de maior gravidade. A *Poka-yoke* de advertência permite que o processo produtivo que está gerando o defeito continue mesmo no caso dos trabalhadores não atenderem ao aviso de alerta.

A frequência com que ocorrem os defeitos e o fato de eles poderem ou não ser corrigidos, uma vez que tenham ocorrido, irá influenciar na escolha entre estes dois métodos.

A literatura apresenta vários exemplos de possibilidades de aplicações desses

dispositivos:

- Projetos de produto com formas físicas que tornam impossível o encaixe e a montagem de peças de uma maneira incorreta (LÉXICO LEAN, 2003);
- Fococélulas acima de contêineres de peças, a fim de evitar que um produto passe para a etapa seguinte, se as mãos do operário não tiverem interrompido o fecho de luz para pegar as peças necessárias (LÉXICO LEAN, 2003);
- Um gabarito que rejeita uma peça processada incorretamente que desempenha a função de inspeção sucessiva, na qual detecta defeitos depois que eles ocorrem (SHINGO, 1996).
- As irregularidades no processo anterior são barradas no processo posterior a fim de parar os produtos com defeito (OHNO, 1997); e
- Quando algum passo é esquecido, o processo seguinte não será iniciado (OHNO, 1997).

Santos (2003) apresenta um exemplo da aplicação desta ferramenta na construção civil. Ele mostra a montagem de terças para coberturas pré-fabricadas. Como a seção transversal da peça era simétrica, muitas vezes observava-se que durante o transporte, algumas viravam na carroceria do caminhão ou no descarregamento no canteiro de obras. Nesta situação, o montador não conseguia identificar o correto posicionamento da peça, ou seja, a armadura positiva, que no caso de viga bi-apoiada, tem diâmetro superior à armadura negativa (devendo ficar sempre na face inferior) corria o risco de ficar na face superior durante a montagem.

Das soluções apresentadas (utilizar a mesma armadura em ambas as faces para resolver o problema), tornou-se inviável economicamente, pois essas são as peças estruturais mais numerosas no barracão industrial pré-fabricado, em questão.

A adoção do controle visual com a pintura na face superior da terça (Figura 2.9), propiciou a completa eliminação dos erros de montagem das terças de cobertura, aumentando a autonomia das equipes de produção.



Figura 2.9 Utilização da Poka-Yoke em terça pré-fabricada

Fonte: Santos (2003)

Outra solução que também distinguiria as faces das terças consiste na colocação de um friso metálico na fôrma, de maneira que uma das faces das terças ficasse sempre marcada diretamente no concreto.

2.4.3.3 Célula de Produção na Construção Enxuta

Célula de produção é a localização de etapas de processamento de um produto similar a outro, de modo que as peças possam ser processadas em um fluxo muito próximo de contínuo, seja uma por vez ou em pequenos lotes, mantidos ao longo da seqüência completa de processamento (LÉXICO LEAN, 2003).

Segundo Hyer e Brown (1999), uma célula de produção pode ser caracterizada pela reunião de materiais e equipamentos segundo uma linha de fluxo conectando as tarefas, e as pessoas que as realizam em termos de tempo, espaço e informação. O significado prático destas três ligações críticas na dinâmica de uma célula de produção é definido a seguir:

- **Tempo:** os tempos de transferência e espera entre tarefas seqüencialmente dependentes são minimizados no ambiente da célula tendo em vista que numa situação ideal não existem estoques intermediários ou, pelo menos, estoques de segurança são mantidos em níveis mínimos;
- **Espaço:** todas as tarefas da célula são realizadas em proximidade física umas das outras, o

que implica proximidade de equipamentos e operadores. Operadores devem estar próximos o suficiente de forma a permitir a rápida transferência de materiais e componentes. Tão importante quanto o benefício da otimização do fluxo físico devido à maior proximidade espacial dos componentes da célula é a possibilidade de visualização e comunicação direta entre os membros da equipe no ambiente da célula. Esta última característica contribui para a promoção de melhoria contínua e maior rapidez de resposta aos problemas de produção;

- **Informação:** pessoas e equipamentos responsáveis por atividades nas células têm acesso a informações completas sobre as disposições de trabalho dentro das células. Essas informações incluem desde objetivos, situação dos pedidos, requerimentos de manutenção de equipamentos, entre outras informações relevantes para a efetiva operação da célula.

Na verdade, a interação entre os elementos tempo, espaço e informação seria responsável pelo desempenho da célula de produção, influenciando nos principais benefícios trazidos por ela (HYER; BROWN, 1999).

Rother e Harris (2002) descrevem a célula de produção como um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem seqüencial, por meio das quais as partes são processadas em um fluxo contínuo. A Figura 2.10 representa duas situações de fluxo contínuo, sendo uma situação com um operador e outra situação com dois operadores.

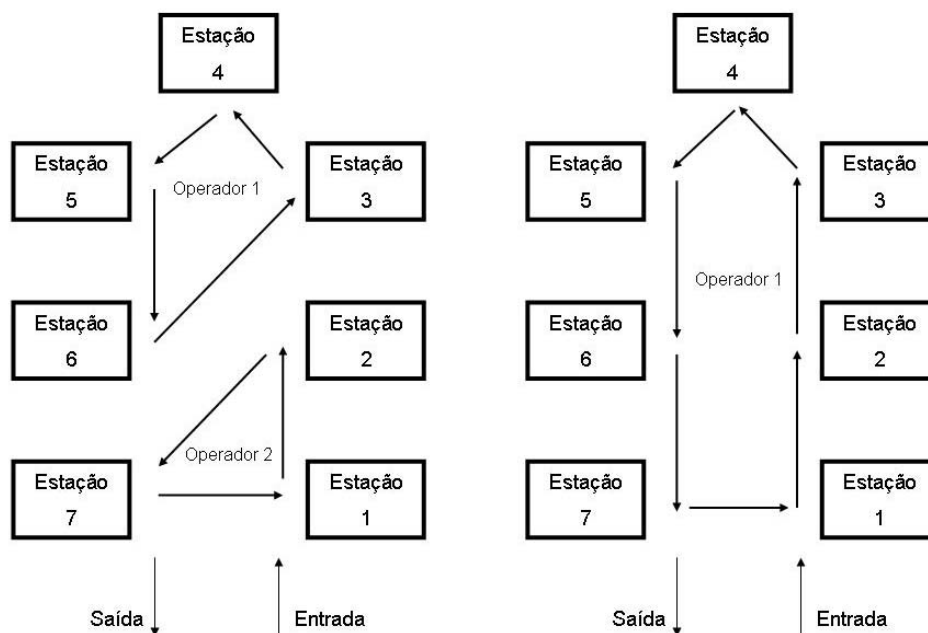


Figura 2.10 Esquema de célula de produção

Moser e Santos (2003) entendem que a célula de produção pode ser caracterizada por um ambiente único que possa conter todos os elementos da Produção Enxuta. Esses autores sugerem que a implantação de tais elementos em uma empresa possa iniciar-se por este tipo de ambiente, caracterizando-se como um projeto-piloto e propõem a criação desse ambiente em um tipo de serviço como, por exemplo, montagem de gesso cartonado (*drywall*).

A Figura 2.11 ilustra a seqüência de montagem de uma divisória de gesso acartonado com as seguintes etapas: (1) Marcação e aplicação das guias, posicionamento dos montantes (2) montagem dos montantes, (3) estrutura pronta; (4 e 5) montagem das placas; (6) montagem batente, porta e acabamento.



Figura 2.11 Montagem de divisórias em gesso acartonado

Fonte: www.officeflex.com.br <acesso 05/12/2007>

Para Liker (2005) uma célula de produção consiste de uma minuciosa organização de pessoas, máquinas ou estações de trabalho em uma seqüência de processamento. Este autor esclarece que se criam células para facilitar o fluxo unitário de peças de um produto ou serviço, por meio de várias operações a uma razão tecnologicamente possível, determinada pelas necessidades do cliente e com o mínimo de atraso e espera.

2.4.3.4 Macro Mapeamento do Fluxo de Valor

A *Operation Management Consulting Division* (OMCD) foi criada na Toyota em 1960 por Ohno com o objetivo de conduzir os principais projetos e ensinar os seus procedimentos aos funcionários. Ele queria uma ferramenta que representasse visualmente o fluxo de materiais e de informações e que retirasse das pessoas a visão de processos individuais. Basicamente, isso levou ao que agora se denomina de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), que na Toyota chama-se de Diagrama de Fluxo de Material e Informação (LIKER; MÉIER, 2007).

O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) tem como objetivo principal auxiliar o desenho do estado atual e futuro dos processos produtivos e o do estado ideal, possibilitando enxergar a trajetória de fabricação de um produto do início até o fim, representando visualmente todos os processos de fluxos de material e informações envolvidos. Com a sua aplicação, é

possível ter uma visualização mais integrada entre os processos, proporcionando a implementação de melhorias sistemáticas e permanentes que têm como objetivo a eliminação dos desperdícios e a identificação de suas principais fontes (ROTHER e SHOOK, 2003).

O Mapeamento de Fluxo de Valor visa representar todos os processos, de forma a percorrer toda trajetória, a partir da aquisição da matéria-prima até a entrega ao cliente, e essa representação é denominada por fluxo “porta-a-porta”. Um mapa do estado atual segue o caminho de um produto desde o pedido até a entrega, para determinar as condições atuais. Um mapa do estado futuro desdobra as oportunidades de melhoria identificadas pelo mapa de estado atual, para atingir um nível de alto desempenho em algum ponto no futuro (LÉXICO LEAN, 2003).

A representação é formulada utilizando-se de símbolos representando partes de um processo produtivo. A Figura 2.12 apresenta alguns dos símbolos utilizados.



Figura 2.12 Símbolos utilizados na elaboração do MFV

Fonte: Léxico Lean (2003), p. 91-94

Liker e Méier (2007) fazem algumas recomendações sobre a aplicação do

Mapeamento do Fluxo de Valor:

- Usar o mapa do estado atual somente como base para o mapa do estado futuro;
- Representar no mapa do estado futuro o conceito do que está tentando realizar;
- Conduzir o mapeamento do estado futuro por profissional com conhecimento do sistema *lean*;
- Enxergar que o propósito do mapeamento é a ação;
- Desenvolver o mapa no momento de sua utilização;
- Ser administrado por pessoa com poder de decisão; e
- Implementar, conferir e agir.

Fontanini e Picchi (2003) avaliam o potencial de aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor realizando um estudo exploratório em um segmento da cadeia de fornecedores de uma construtora de porte médio, localizada no interior do estado de São Paulo. Estes autores concluem enfatizando o potencial da aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor para identificação de desperdícios e proposição de melhorias na complexa cadeia de fornecedores da construção. A aplicação demonstra que a mesma é viável na cadeia de fornecedores da construção, não tendo sido identificado nenhum fator que indique maiores dificuldades ou menor utilidade de aplicação, quando comparada com outros setores industriais onde o mesmo já foi empregado.

2.4.3.5 *Last Planner*

Ballard e Howell conduzem o desenvolvimento de um sistema de planejamento chamado de *Last Planner System* (LPS), que foi criado por Ballard (1994), mas que só obteve aceleração nas suas aplicações a partir da publicação do texto de Ballard e Howell (1997). Desde então, o LPS é aplicado em vários países, tais como: EUA, Brasil, Inglaterra, Canadá, Peru, Chile, Dinamarca, Finlândia, Indonésia, Austrália, Venezuela e Equador (FIGUEIREDO

COSTA; JUNGLES e OLIVEIRA, 2007).

Nobre e Barros Neto (2003) apresentam uma pesquisa com a aplicação da ferramenta *Last Planner* em uma obra, descrevendo que a empresa possuía os seguintes documentos para planejamento:

- Planejamento de longo prazo: era realizado no início da obra com o auxílio do software *MS Project*[®], no entanto não era atualizado de forma periódica, causando, por exemplo, atraso na compra de materiais com prazo de entrega elevado, comprometendo a data de término do empreendimento;
- Planejamento de médio prazo: foi realizado com auxílio do software *MS Excel*[®] com o objetivo de prever as despesas mensais, relacionando as atividades e seus custos. Este nível de planejamento estava mais voltado para o controle de custo do que para o planejamento de atividades da obra; e
- Planejamento de curto prazo: possuía um horizonte quinzenal, por coincidir com o período do pagamento da folha de produção.

Identificaram falhas em alguns pontos do planejamento de curto prazo, relacionadas a seguir: muitas atividades não eram devidamente quantificadas, definição empírica das produtividades das atividades, não havendo nenhum controle sobre estas, não havia atuação nas causas dos problemas relacionadas com o planejamento, falha nos pedidos de compra de materiais, ocasionando falta de material e desequilíbrio no fluxo de caixa; o cronograma físico-financeiro, elaborado por uma empresa terceirizada, mostrou-se falho nas previsões de gastos nas atividades do planejamento de curto prazo.

Para avaliação das mudanças apresentadas foram estabelecidos dois indicadores (NOBRE;BARROS NETO, 2003): Percentagem do Planejamento Concluído (PPC), calculado por meio da razão dos pacotes de trabalhos completados pelos totais planejados e Porcentagem de Acerto de Planejamento (PAP), definido como a porcentagem de atividades realizadas (planejadas e não planejadas) em relação ao total de atividades planejadas e realizadas no período previsto, entendendo atividade planejada aquela listada para ser executada no transcorrer de determinado período e a não planejada listada para ser executada em outro período de interesse.

Alterando o horizonte de planejamento e o calendário das reuniões de quinzenal para semanal constataram que o índice de PPC continuou mantendo a oscilação que ocorria no planejamento quinzenal, pois este dependia do empirismo da produtividade das atividades, que não foi alterado e que o índice de PAP, entretanto, evoluiu e chegou bem próximo do índice de PPC, tornando o planejamento de curto prazo mais consistente, pois as atividades realizadas eram as realmente planejadas.

Peineirol (2007) apresenta uma pesquisa de estudo de caso com a implementação da *Last Planner* em uma obra em Portugal. Esse autor enfatiza as vantagens da utilização do planejamento de curto prazo com a aplicação de reuniões semanais:

- A informação circula com maior facilidade, permitindo que se evite equívocos;
- Os objetivos são apresentados de forma clara e suas responsabilidades;
- Permite que os principais agentes envolvidos (empresa e subempreiteiros) se conheçam e se adaptem entre si mais rapidamente, aumentando a confiança e cooperação;
- A representação visual do sistema de planejamento permite uma análise mais rápida e melhor entendimento por parte de todos o que constitui um grande apoio à produção;
- Aumento da percepção de que um plano de trabalho semanal torna-se mais confiável permitindo seqüenciar melhor o trabalho, provocando menos frustração por não se saber como e quando deve ser executado determinado trabalho e ajudando a perceber como é que ele vai afetar toda produção.
- Aumento da auto-estima dos encarregados da obra que consideram a sua participação nas reuniões importante, pois ao ajudar na elaboração do plano semanal de trabalho em conjunto com os gestores de cada equipe, contribuindo com dados da obra; e
- As metas fundamentais são mais bem coordenadas e encontram-se de acordo com o estado do sistema, sendo atingidas de forma mais rigorosa no tempo. Existe uma hierarquia de planejamento que está devidamente interligada.

Esse autor destaca que a avaliação do plano semanal foi realizada com base no indicador Percentagem de Plano Concluído (PPC) e nesta avaliação são analisadas as causas de não-conclusão das atividades planejadas.

2.4.3.6 Linha de Balanço (*Line-of-Balance*)

Para Mendes Jr. (1998), a linha de balanço é uma ferramenta orientada para a programação de recursos, e graficamente revela divergências entre o planejado e o progresso real das atividades, habilitando a administração à avaliação quantitativa.

Como mostrada na Figura 2.13, a linha de balanço é um diagrama que relaciona quantidade "Q" (de itens produzidos) com o tempo "T" necessário para a produção destes itens, isto é, uma curva de produção para todo processo.

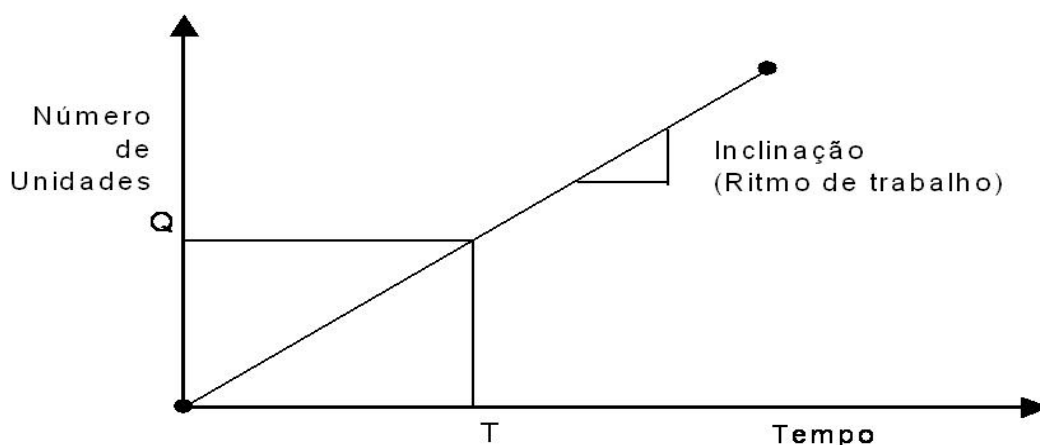


Figura 2.13 Ritmo de trabalho

Num determinado instante de tempo "T" haverá uma quantidade "Q" de unidades concluídas. A metodologia da linha de balanço enfatiza a conclusão requerida de unidades completas (exemplo: pavimentos, casas, etc.) e está baseada no conhecimento de que como muitos processos de certo tipo devem ser concluídos num certo momento para atender a conclusão programada destas unidades. Número de unidades de produção concluídas num certo instante será referido como a quantidade de produção. A linha de balanço é determinada a partir

do ritmo de fornecimento dos materiais, componentes e processos concluídos que são necessários para a produção de unidades completas.

O Diagrama de Linha de Balanço pode ser facilmente comparado com o Gráfico de Gantt (Figura 2.14). No Gráfico de Gantt, o eixo vertical apresenta as atividades, cada barra representando uma atividade, e o eixo horizontal apresenta a escala do tempo. No Diagrama de Linha de Balanço, o eixo vertical apresenta as unidades repetitivas, pavimentos, por exemplo, e cada barra contínua representando uma atividade. Dessa forma cada barra deve ter uma inclinação que indicará o seu ritmo de execução ao longo das atividades repetitivas.

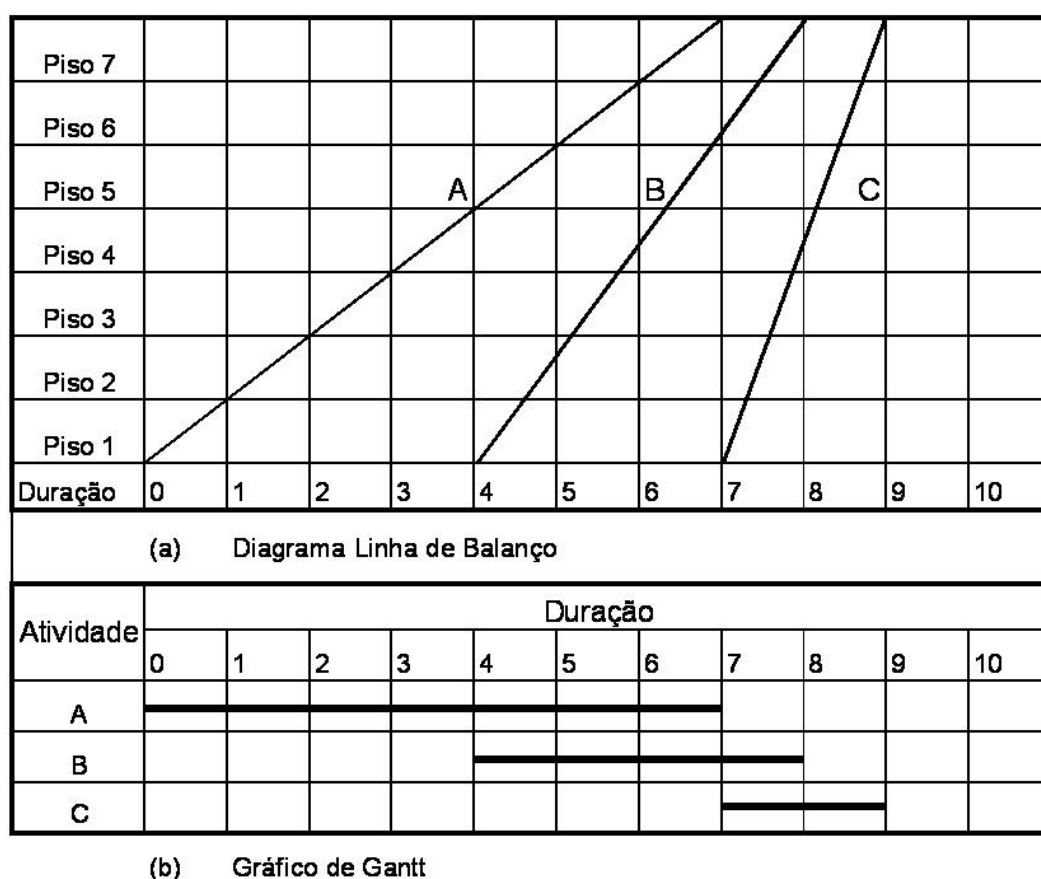


Figura 2.14 Comparação entre: Diagrama Linha de Balanço e o Gráfico de Gantt

Fonte: Adaptação Mendes Jr. (1998).

Segundo Mendes Jr. (1998), a vantagem da aplicação da linha de balanço em projetos de construção repetitiva é o seu uso para prever ou analisar facilmente o ritmo de

qualquer processo. Como limitação ao uso desta técnica tem-se que esta assume que a produção é linear, isto é, em ritmo de produção constante ao longo do tempo e há falta de adaptação a sistema de computadores.

Kemmer (2006) analisando alguns estudos que tratam de Linha de Balanço identificou vantagens e desvantagens da utilização desta técnica de planejamento e controle da produção.

Principais vantagens apresentam na utilização desta técnica de planejamento:

- Fornecimento de índices de produção e informações sobre duração das atividades na forma de um gráfico de fácil entendimento;
- Detecção dos chamados conflitos de produção;
- Possibilidade de elaboração de tabelas de programação contendo informações sobre utilização de mão-de-obra, equipamentos e componentes da construção, que permitam a contratação de pessoal e aquisição e uso de materiais em obra;
- Adequação à elaboração do planejamento inicial, pelo fato de simplificar decisões acerca da direção e velocidade do trabalho, além do número de atividades por ciclo de trabalho;
- Possibilidade do balanceamento nos ritmos ou velocidades de execução, evitando-se conflitos ou espera na execução dos serviços e obtendo situações favoráveis de nivelamento das equipes;
- Aplicação na análise de estratégias e táticas de produção;
- Organização do ataque à obra;
- Representação do intervalo de tempo em que cada atividade deve ser executada em cada seção do projeto e da folga existente entre a execução das atividades;
- Especialização da mão-de-obra;
- Fixação de metas, proporcionando motivação da mão-de-obra;

- Indução do surgimento do efeito aprendizagem;
- Visualização imediata das atividades que se desviaram do programa inicial e suas influências nas demais etapas da obra, quando usada como instrumento de controle;

As principais desvantagens encontradas foram, segundo Kemmer (2006):

- Assume ritmos constantes para as atividades durante todo o projeto, o que pode ser questionado em função da natureza estocástica dos processos de construção;
- Especialização da mão-de-obra, tornando o operário conhecedor apenas da tarefa que executa;
- Necessidade de um projeto integrado à forma de execução;
- Dificuldade de se considerar o grande número de variáveis influentes no processo construtivo. Como exemplos podem-se citar as atividades relacionadas à execução das fachadas que exigem escalas diferentes para a mesma linha de balanço;
- Necessidade de se elaborar uma programação à parte para serviços não repetitivos;
- Entrega do domínio do processo à gerência e não ao operário;
- Limitação quanto à simulação, pelo fato de não operar com atividades interrelacionadas;
- Dificuldade de disseminação e operacionalização em função da inexistência de aplicativos comerciais desenvolvidos especificamente para operar com a técnica.

2.5 Considerações sobre este capítulo

Este capítulo procurou descrever os condicionantes históricos que motivaram a criação do Sistema Toyota de Produção no Japão. Apresentaram-se a difusão desses conhecimentos para o mundo, admitindo várias vertentes com várias denominações como

Pensamento Enxuto, Produção Enxuta e Construção Enxuta. Destacam-se os princípios propostos por Koskela (1992) utilizados no desenvolvimento desta pesquisa para averiguar o nível de implantação das empresas com a Construção Enxuta. Além disso, apresentou-se várias ferramentas como 5S, Poka-yoke, célula de produção, *Last Planner*.

3 Medição de desempenho

Este capítulo apresenta um breve histórico sobre a evolução da medição de desempenho e os seus diferentes enfoques. Apresenta ainda, definições e visões de autores e modelos de sistema de medição de desempenho. Finalmente foca no tema para a construção civil e o sistema de medição de desempenho.

3.1 Gestão do Desempenho

A gestão do desempenho é anterior ao desempenho e cria o contexto para as medidas de desempenho e o próprio desempenho, dando significado ao último. A medição de desempenho e a gestão do desempenho apresentam processos distintos entre si, mas que um suporta o outro, por isso eles não podem ser dissociados (LEBAS, 1995 citado por MARTINS, 1998).

Kaydos (1991) argumenta que para a compreensão do relacionamento entre a medição de desempenho e a gestão do desempenho é necessário passar pelo processo de gestão sob a perspectiva da informação. A Figura 3.1 mostra o processo de gestão em quatro passos.

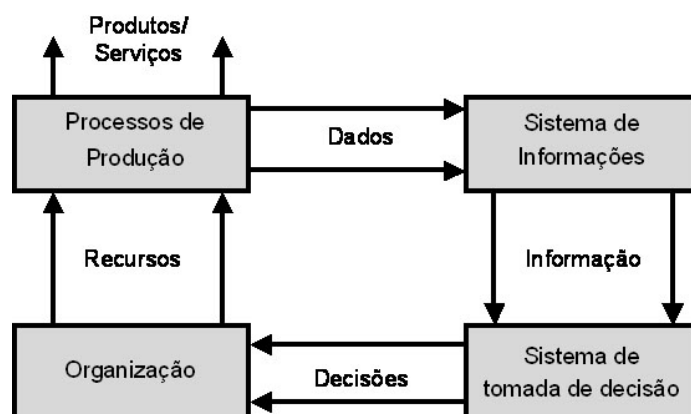


Figura 3.1 O Processo de Gestão do desempenho

Fonte: Kaydos (1991), p. 34

Todas as atividades que compõem os processos de produção, ao transformarem

produtos ou serviços geram dados, que são convertidos em informações úteis pelo sistema de informação. Essas informações são analisadas pelo sistema de tomada de decisão para alocar recursos e tomar ações. A organização, que é composta por diversos processos, executa as decisões tomando ações e utilizando os recursos alocados.

Conforme argumenta Kaydos (1991) o desempenho de qualquer organização é resultado das decisões feitas por seus gerentes, sendo que essas decisões são limitadas pela quantidade e qualidade das informações disponíveis. O mesmo autor apresenta 14 razões de como as medidas de desempenho podem auxiliar na melhoria do desempenho. No entanto, destaca que o mais importante benefício dessas medidas está no entendimento do funcionamento do sistema de produção e das forças que o dirigem. Esse destaque confirma a necessidade de entendimento dos relacionamentos causais entre as medidas.

Segundo Bititci; Carrie e Mcdevitt (1997) citado por Martins 1998, o processo de gestão do desempenho é a forma pela qual a empresa administra o seu desempenho alinhado com suas estratégias e objetivos funcionais e corporativos. O objetivo da gestão do desempenho é criar um sistema de ciclo fechado e proativo, em que as estratégias funcionais e corporativas são desdobradas para todos os processos de negócio, atividades, funções e pessoas. Em seguida, obtém-se um *feedback* por meio do SMD, permitindo que as decisões adequadas sejam tomadas com base em informações (Figura 3.2).



Figura 3.2 Ciclo fechado de desdobramento e *feedback*

Fonte: Bititci; Carrie e Mcdevitt (1997), p. 524

O processo de gestão do desempenho contém o sistema de medição de

desempenho (sistema de informação) que, por sua vez, é um elemento integrador das informações relevantes de outros sistemas. Um sistema de medição de desempenho corretamente projetado e estruturado fornece uma base efetiva para o sistema de gestão do desempenho, sendo o primeiro utilizado como uma ferramenta de gestão (BITITCI; CARRIE e MCDEVITT, 1997 citado por MARTINS, 1998). A Figura 3.3 ilustra a posição do sistema de medição de desempenho num sistema de gestão do desempenho.

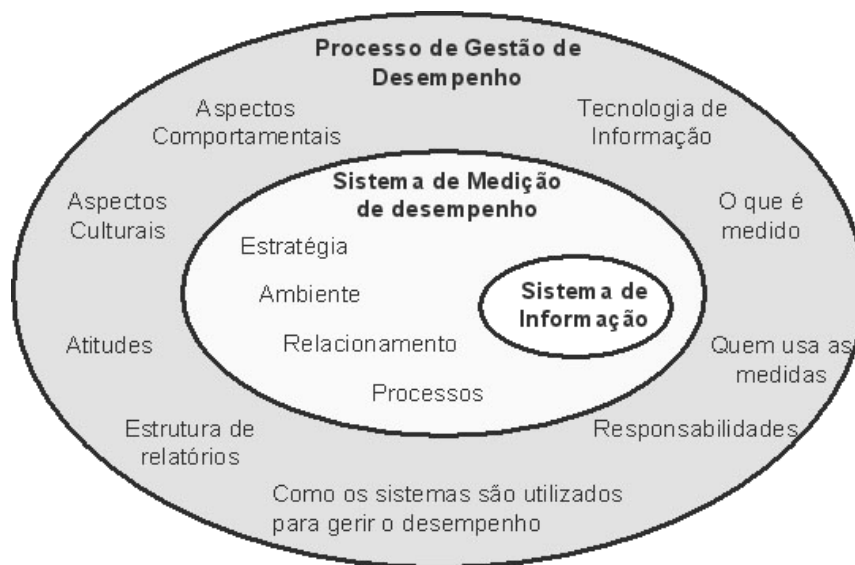


Figura 3.3 O Processo de gestão do desempenho e o Sistema de medição de desempenho

Fonte: Bititci; Carrie e Mcdevitt (1997), p. 525

O processo de gestão do desempenho é meio pelo qual a empresa administra o desempenho de acordo com as estratégias corporativa e funcional e os objetivos dela. No centro do processo de gestão do desempenho está o sistema de medição de desempenho que integra todas as informações dos sistemas relevantes – revisão e desenvolvimento da estratégia, contabilidade gerencial, administração por objetivos, medidas de desempenho não-financeiras formais e informais, esquemas de incentivos/bônus e avaliações de desempenho individual (MARTINS, 1998).

3.2 Desempenho

O termo desempenho varia em sua definição de acordo com a perspectiva pela qual é observado. Ele pode significar, por exemplo, algo sobre eficiência, durabilidade, ou retorno sobre investimento. A definição de desempenho depende, muitas vezes, do tipo de sistema (uma organização, um produto, uma atividade, etc.) que se deseja analisar. Do ponto de vista do produto, por exemplo, o desempenho de uma residência pode ser definido como o conjunto de características específicas dos diversos materiais utilizados, tais como conforto térmico e acústico, estanqueidade, resistência estrutural, etc.

Por um enfoque gerencial, LEBAS (1995) considera que uma definição de desempenho deve ir além dessa capacidade de atingirem objetivos. Para este autor, o desempenho deve ser impulsionado por valores futuros, ao invés do passado, o que significa antecipar-se às causas do desempenho. Em termos organizacionais o objetivo de desempenho de qualquer empresa contém três elementos: (1) metas a serem atingidas; (2) tempo para que as metas sejam alcançadas e (3) regras sobre uma ordem de preferência das maneiras de se chegar ao resultado, ou seja, o caminho a ser trilhado.

Esses três elementos indicam que os objetivos e a definição de desempenho repousam em um modelo causal ligando entradas e saídas por meio de um relacionamento causal selecionado. Desempenho é algo que cada empresa, cada *stakeholder*, cada ator organizacional, define. Desempenho é jamais um objetivo, ele é somente uma maneira de definir aonde se quer chegar... entender o processo que está por detrás do desempenho é o único modo de definir as medidas que levam às ações (LEBAS, 1995, p.27).

Com isto, o mesmo autor destaca a necessidade de entender o processo de geração de desempenho, pois ele facilita a identificação das medidas que conduzirão às ações. A Figura 3-4 descreve o modelo causal de desempenho que é intrínseco a esse processo.

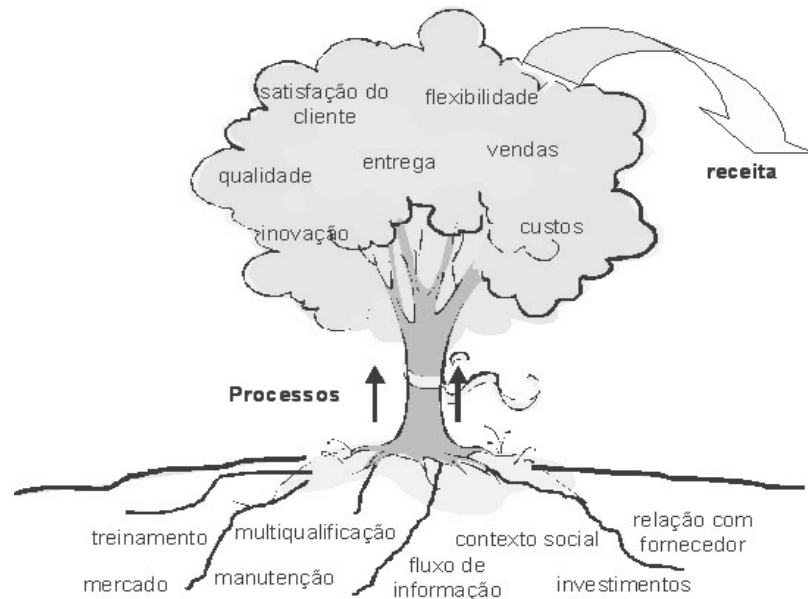


Figura 3.4 Modelo causal de desempenho

Fonte: McBeth (1993) citado por Lebas (1995), p. 28

De acordo com a Figura 3.4, o desempenho pode ser definido em qualquer um dos quatro níveis da árvore de desempenho. No topo, têm-se os resultados financeiros (frutos) provenientes das vendas (folhagens). Logo abaixo, as vendas (folhagens) são sustentadas por elementos de desempenho (galhos), tais como: satisfação dos clientes, qualidade, flexibilidade, entrega, inovação e custo. O custo é resultado do processo de criação desses elementos (tronco) e este processo tem como entrada outros elementos (nutrientes do solo), por exemplo: treinamento, conhecimento do mercado, manutenção, multiquificação, fluxo de informação, relacionamentos com fornecedores, investimentos, contexto social etc.

O desempenho favorável ou não, tem suas origens nos elementos localizados no “solo”. A “árvore do desempenho” busca seus “nutrientes” no solo. Portanto, entender quais desses nutrientes são fundamentais para a produção de bons frutos (satisfação do cliente, qualidade, flexibilidade, custos, etc.) é o que vai determinar o desempenho. Nesse sentido, desempenho pode ser definido como:

O adequado gerenciamento e desdobramento dos componentes do modelo causal que levam ao atingimento dos objetivos declarados, dentro das restrições

específicas para a empresa e para as situações. O desempenho é, portanto, um caso específico e relativo aos tomadores de decisões. Alcançar congruência na definição dos parâmetros de desempenho, e nos modelos causais que levam a ele, é uma das funções essenciais da gestão (LEBAS, 1995, p.29).

Diferentes empresas necessitam potencializar diferentes “nutrientes” para obter um melhor desempenho, ou seja, empresas com especificidades diferentes, terão causas específicas do desempenho.

3.3 Inadequação da medição de desempenho tradicional

As primeiras fábricas no início da Revolução Industrial caracterizam-se por possuírem uma estrutura funcional bastante simples, não existindo níveis de gerências ou empregados assalariados por longos prazos. Praticamente todas as transações ocorriam entre o proprietário e indivíduos que não faziam parte da organização: fornecedores de matéria-prima, mão-de-obra paga por tarefa e os clientes (JOHNSON; KAPLAN, 1993).

Os sistemas de medição de desempenho tradicionais foram desenvolvidos a partir do final do século XIX sob o paradigma da produção em massa em que as organizações conseguiam reduzir os custos por meio da economia de escala, pois a demanda por produtos superava a oferta da maioria das indústrias (JOHNSON; KAPLAN, 1993; NEELY; AUSTIN, 2000). A produção era basicamente de apenas um único produto e as empresas eram administradas utilizando-se de indicadores de produtividade que, em geral, retratavam os custos de transformação da matéria-prima em produto acabado.

Naquela época, os sistemas com esse enfoque funcionavam bem e forneciam informações relevantes sobre eficiência e lucratividade para a tomada de decisões. As organizações se empenhavam, em geral, em apenas um único tipo de atividade e sua única escolha importante na aplicação do capital era entre expandir ou não a escala de uma operação homogênea (JOHNSON; KAPLAN, 1993).

Com as invenções do telégrafo e da ferrovia, houve grandes avanços nas comunicações e nos transportes, propiciando o surgimento de grandes empresas como, por exemplo, a *Du Pont* e a *General Motors*. Com isto, a figura do acionista ganha importância,

criando a necessidade de novas formas de visualizar a empresa. Ganham destaque os indicadores de desempenho financeiros, concebidos originalmente no início do século XX, para ajudar a coordenar as diversas atividades das emergentes empresas verticalmente integradas. A taxa de retorno sobre o investimento (do inglês, *Return on Investment* - ROI), torna-se para muitas organizações o único indicador de sucesso (JOHNSON; KAPLAN, 1993).

Durante praticamente todo o século XX, observa-se o predomínio da utilização por empresas dos indicadores de desempenho financeiros ocasionando o surgimento das empresas de auditorias externas contábeis. O distanciamento entre os administradores e nível operacional ficou evidente, a administração por indicadores financeiros sugere uma administração por controle remoto, ou seja, à distância (NEELY, 1999).

O período de declínio da medição de desempenho tradicional é marcado por uma nova realidade caracterizada pela expansão da tecnologia da informação, competição global mais acirrada, ciclos de vida dos produtos encurtados, avanço das tecnologias de produção e o aumento da complexidade do sistema de produção (BORNIA, 2002; JOHNSON; KAPLAN, 1993).

Vale destacar que Richardson e Gordon (1980) alertando para a inadequação dos sistemas de medição de desempenho tradicionais em relação às novas formas de organizar a produção, apontaram para a necessidade de utilização de medidas mais abrangentes.

Neely (1999) refere-se a este período de declínio da medição de desempenho tradicional como uma revolução e relaciona sete razões que justificariam para tanto: transformação da natureza do trabalho, aumento da competição, iniciativas de melhorias específicas, prêmio da qualidade nacional e internacional, mudança nos papéis das organizações, mudanças nas demandas externas e tecnologia da informação.

O campo medição de desempenho vive uma revolução na busca de novas formas e modelos de medição de desempenho desde que foi percebida, há cerca de duas décadas, a inadequação dos sistemas de medição de desempenho tradicionais, associados ao paradigma da produção em massa (FERRAZ ; MARTINS, 2002).

Martins (1998) indica que os principais problemas em usar informações oriundas de tais sistemas são:

- Visão de curto prazo para atingir resultados financeiros satisfatórios;
- Otimização do desempenho local ao invés da otimização do desempenho global;
- Monitoramento voltado para dentro da empresa;
- Avaliação insatisfatória de investimentos em novas tecnologias produtivas;
- Avaliação somente da eficiência e não da eficácia em conjunto;
- Não consideração de medidas não financeiras, como por exemplo,
- Qualidade, inovação, tempo de resposta, etc., exceto produtividade;
- Acompanhamento somente dos resultados finais alcançados;
- Descrição do desempenho passado;
- Falta de relevância para tomada de decisão na manufatura para a solução de problemas tanto de longo quanto de curto prazo;
- Informação disponível tardiamente, devido ao longo ciclo de processamento dos dados pelo setor de contabilidade;
- Resultados excessivamente sintéticos; e
- Impedimento da adoção de novas filosofias e métodos de gestão.

Além disto, diversos fatores evidenciam a necessidade de se aferir não somente os indicadores de desempenho financeiros como também os não-financeiros, como por exemplo: crise financeira, abertura dos mercados gerando novos concorrentes e esclarecimentos dos clientes quanto aos seus direitos.

3.4 Revolução na medição de desempenho

A necessidade de se aferir não somente os indicadores de desempenho financeiros

como também os não-financeiros desencadeou por parte de praticantes e pesquisadores a procura por novas formas de medir o desempenho, diante desta situação, inicia-se um movimento migratório por parte das empresas em busca de novos sistemas de medição que aferissem seus desempenhos.

A evolução da medição de desempenho pode ser dividida em duas grandes fases. A primeira começou em 1880 e durou até o início de 1980, sendo caracterizada pela ênfase em medidas de desempenho financeiras e de produtividade. A segunda fase, que teve início no fim da década de 1980 e segue até os dias de hoje, destaca a necessidade de medidas de desempenho balanceadas (medidas financeiras e não-financeiras, além das de produtividade) e integradas para suportar as novas condições operacionais internas e externas da maioria das empresas (GHALAYINI; NOBLE, 1996).

A segunda fase, por sua vez, pode ainda ser desdobrada em duas novas fases. A primeira é a “miopia da medição”, quando foi reconhecido que as empresas estavam medindo as coisas erradas. A segunda fase é a “loucura da medição”, quando as empresas são obcecadas com a medição e desejam medir tudo. O excesso de indicadores de desempenho na empresa torna complexo o processo de medição, expondo-a a medidas obsoletas, falta de foco nos objetivos-chave do negócio e desperdício em tempo e recursos (NEELY; AUSTIN, 2000). Vale a pena destacar que ainda existem muitas empresas na primeira fase, ou seja, elas estão medindo coisas erradas.

Alguns SMD's têm por característica forte integração com a estratégia, comunicando-a pela organização, além de conter um conjunto balanceado de medidas de desempenho financeiras e não-financeiras, internas e externas à organização (MARTINS, 1998).

3.5 Dimensões da medição de desempenho

Hronec (1994) afirma que a medição de desempenho compõe os sinais vitais da organização que quantificam como as atividades dentro de um processo ou os resultados de um processo alcançam um objetivo especificado.

A medição de desempenho é um tópico amplamente discutido, mas dificilmente é

definido, por ser tratado de forma ampla e a literatura sobre o assunto ser muito diversa. Para o termo medição de desempenho há várias definições, uma delas caracteriza-se por ser bastante abrangente: "A medição de desempenho é o conjunto de processos que uma organização usa para gerenciar a implementação da sua estratégia, comunicar sua posição e progresso, e influenciar o comportamento e ações dos seus funcionários. Isso requer a identificação dos objetivos estratégicos, medidas de desempenho multidimensionais, metas e o desenvolvimento de uma infra-estrutura de suporte" (FRANCO-SANTOS *et al.*, 2004, p.401).

Outra definição também bastante completa é encontrada em Neely, (1998, p. 5): "um sistema de medição de desempenho possibilita que decisões sejam executadas e ações sejam tomadas porque ele quantifica a eficiência e eficácia de ações passadas por meio da aquisição, coleta, classificação, análise, interpretação e disseminação de dados apropriados"

Na Figura 3.5 pode ser visto um sistema de medição de desempenho em camadas integradas. As atividades de medição e avaliação são independentes, sendo que a última, de acordo com o propósito, pode ser baseada nas entradas provenientes das diferentes camadas (ROLSTADAS, 1995).

As camadas representam níveis de decisão com base na hierarquia da empresa, compreende-se que ações em diferentes níveis da empresa geram resultados diferentes, ou seja, como atividades independentes e, portanto apresenta o sistema de medição de desempenho não como único, mas em camadas.

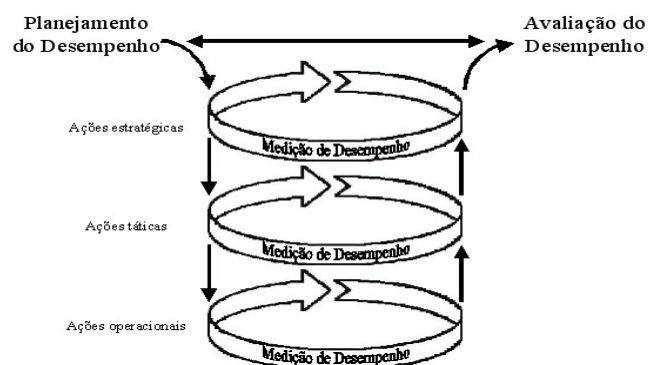


Figura 3.5 Sistema de medição de desempenho em camadas integradas

Fonte: Rolstadas (1995), p.174

As medidas de desempenho podem ser vistas individualmente. Este seria o

elemento fundamental, por assim dizer, da medição de desempenho (Figura 3.6). Em seqüência as medidas de desempenho também podem ser agrupadas de maneira a formar um conjunto delas. Esse conjunto, por sua vez, seguindo uma lógica, pode formar um sistema de medição de desempenho. Por fim, a interação do sistema de medição de desempenho com o ambiente organizacional, tanto interno quanto externo, de um sistema de operações (NEELY; GREGORY e PLATTS, 1995).

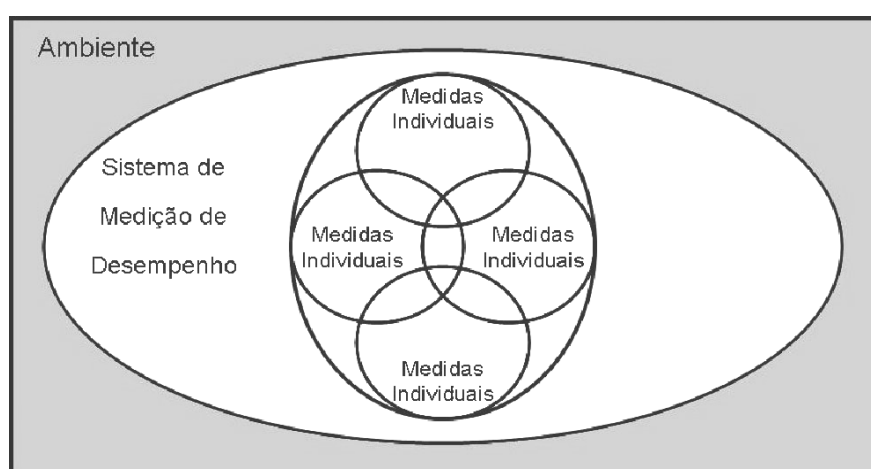


Figura 3.6 As três dimensões da medição de desempenho

Fonte: Neely; Gregory e Platts (1995), p. 82

Segundo Hronec (1994), as medidas do desempenho informam às pessoas o que estão fazendo, como elas estão se saindo e se elas estão agindo como parte do todo. Comunicam o que é importante para toda a organização: a estratégia da gerência do primeiro escalão para os demais níveis, resultados dos processos, desde os níveis inferiores até o primeiro e o controle e melhoria dentro do processo.

Chang e Morgan (2000) apresentam um ciclo de gerenciamento das medidas de desempenho (Figura 3.7) detalhado a seguir:

- Coletar. Reunir as medidas de desempenho das metas estratégicas da organização e os objetivos do negócio. Identificar as equipes de trabalho, os resultados dos processos, negócio principal, expectativa do cliente e requisitos dos fornecedores.

- Criar: determinar as áreas ou assuntos estratégicos na organização, como por exemplo, sucesso financeiro, lealdade do cliente, eficiência operacional, etc.
- Desenvolver: conduzir revisões sistemáticas para monitorar e melhorar o desempenho do negócio. Reunir dados e determinar objetivos apropriados e definir medidas mais relevantes;
- Desdobrar: fortalecer os vínculos, aumentar a visibilidade das medidas do negócio, alinhar os esforços em direção das metas principais. Estabelecer os grupos de trabalhos e as medidas correspondentes ao nível destes grupos e um resumo das medidas.
- Conectar: conectar os objetivos e medidas individuais dos empregados com planos de desenvolvimento, promovendo melhoria contínua. Os empregados relacionam seus esforços e promovendo as melhorias em direção aos objetivos do negócio;
- Confirmar. validar efetivamente as medidas. Além de avaliar se as medidas estão corretas, também avaliar a quantidade de medidas. Entender o relacionamento entre as medidas. Avaliar se atingiu os resultados esperados.

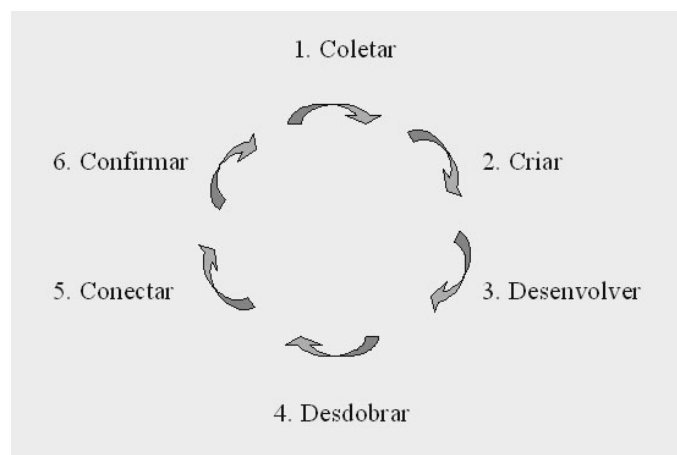


Figura 3.7 Ciclo de gerenciamento do desempenho

Fonte: Adaptado Chang e Morgan (2000), p. 19

Neely *et al.* (1997) sugerem uma estrutura para o projeto de indicadores de

desempenho, que deve conter os seguintes itens:

- Título: deve ser simples e representar o que está sendo medido;
- Finalidade: deve ter relevância e uma finalidade explícita;
- Fundamentação: ser derivado da estratégia;
- Meta: ter finalidade explícita;
- Fórmula: ser simples para entender e refletir o processo a ser medido;
- Frequência de medição: manter em tempo adequado com confiabilidade;
- Frequência de revisão: sempre que ocorrerem mudanças significativas na empresa,
- Quem deve medir: quando possível, usar dados que são automaticamente coletados;
- Fonte de dados: representar exatamente o que está sendo medido
- Quem deve se destinar os dados: responsável pelos indicadores de desempenho; e
- Que deve ser feito com eles: promover ações a partir das informações geradas.

Maskell (1991) sugere outra classificação que segue os critérios competitivos da manufatura, ou seja, qualidade, tempo, entrega, flexibilidade, custo e inovação. Para esse autor as medidas de desempenho podem ser agrupadas nessas categorias.

Chang e Morgan (2000) descrevem que uma organização deve estabelecer seus próprios conjuntos de medidas de desempenho, constando as áreas mais representativa para ela. Desta forma, existiriam vários conjuntos de medidas de desempenho na organização variando conforme o nível organizacional e sendo mais adequado a cada usuário, mas devem se integrados vertical e horizontalmente (Figura 3.8).

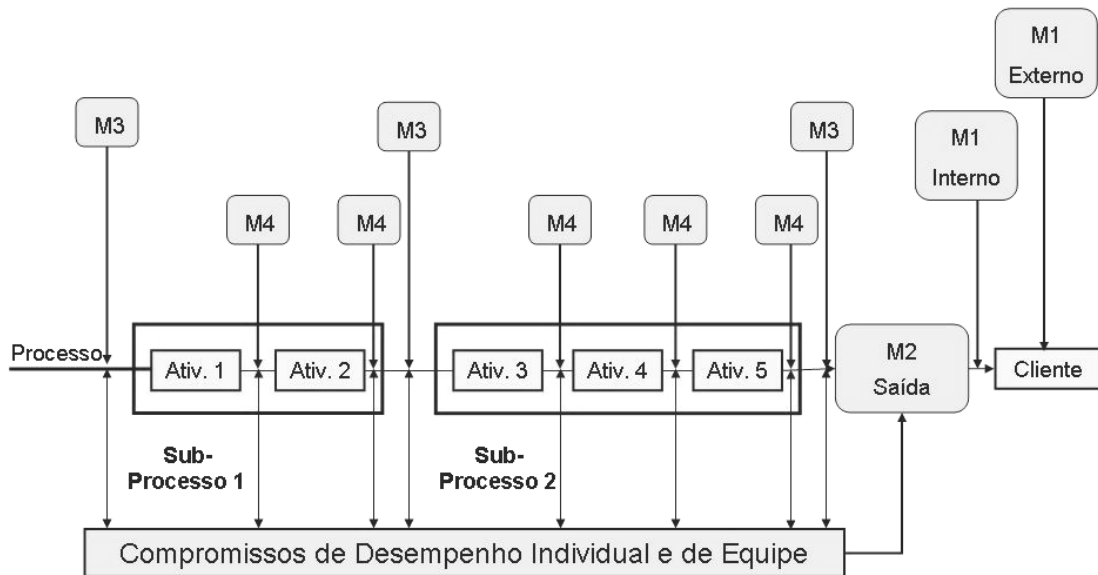


Figura 3.8 Variação das medidas conforme o nível organizacional

Fonte: Chang e Morgan (2000), p. 87

As medidas M1 são utilizadas pela alta gerência e mede unidade de negócio. São utilizadas por executivos.

As medidas M2 são as que aferem o resultado de um processo ou então o relacionamento entre processos. Pode ser utilizada para, por exemplo, satisfação do cliente, medir a taxa de retrabalho, tempo total de ciclo etc. É considerada com uma composição das medidas M3. São utilizadas por diretores.

As medidas M3 medem o resultado de um sub-processo ou parte de relacionamento de sub-processos. Procura responder: Quanto tempo demorou a ser concluído? Quanto custou? Quantos erros tiveram que ser corrigidos para passar para a próxima fase? Estas medidas são utilizadas por gerentes.

As medidas M4 são partes das medidas M3. São medidas funcionais e refletem as atividades dentro dos sub-processos. São utilizadas por grupos de trabalhos.

Tesoro e Tootson (2000) fazem uma revisão das medidas de desempenho e elaboram uma tabela com os critérios para um sistema de medição de desempenho (Quadro 3.1).

Critério	Ações recomendadas
Validade	Selecionar medidas que auxiliem os usuários na tomada de decisão alinhadas com as metas da organização.
Exatidão	Assegurar que os usuários obtenham informações em tempo real por meio da tecnologia apropriada.
Completo	Fornecer aos usuários informações detalhadas em qualquer nível necessário.
Singularidade	Fornecer relatório diferente de qualquer outro da empresa. Esse aspecto significa que os usuários obtenham informações relevantes que possibilitem identificar as mudanças necessárias e as formas de atuar.
Confiabilidade	Ser simples, de fácil utilização a apresentar resultados seguros.
Compreensão	Gerar informações num formato que todos os usuários consigam interpretá-las facilmente.
Ser quantitativa e qualitativa	Ser capaz de produzir informações tanto quantitativas quanto qualitativas. Possibilitando que tanto usuários que prefiram utilizar-se de números quanto os que prefiram utilizar-se de texto, encontrem informações com facilidade.
Controle	Identificar os funcionários que apropriam os dados e atribuir a devida responsabilidade nessa apropriação. Sempre que possível, utilizar os próprios dados utilizados no dia-a-dia.
Flexibilidade	Fornecer relatório padrão, mas também possibilitar que os usuários personalizem atendendo as suas necessidades.
Adaptabilidade	Ser possível de adaptar às mudanças de prioridades do negócio.
Plano de manutenção	Ter um plano de manutenção do sistema com entradas de dados atualizados e relevantes, possibilitando a geração de informações válidas.

Quadro 3.1 Critério para avaliar um Sistema de Medição de Desempenho

Fonte: Tesoro e Tootson, (2000), p. 10-11

Martins (1998) relaciona as principais características mais comuns de um sistema de medição de desempenho adequado às novas condições ambientais, interna e externa, das

empresas, conforme vários autores expressam em termos de frequência de citações são:

- Ser congruente com a estratégia competitiva;
- Ter medidas financeiras e não-financeiras;
- Direcionar e suportar a melhoria contínua;
- Identificar tendências e progressos;
- Facilitar o entendimento das relações de causa-e-efeito;
- Ser facilmente inteligível para os funcionários;
- Abranger todo o processo, desde o fornecedor até o cliente;
- Informações disponíveis em tempo real para toda a organização;
- Ser dinâmico;
- Influenciar a atitude dos funcionários; e
- Avaliar o grupo e não o indivíduo.

Destaca-se que nem todas elas estão presentes nos sistemas encontrados nas empresas, pois fatores como tamanho da empresa, grau tecnológico envolvido e modelo de negócios influenciam na presença ou não dessas características; contudo o predomínio delas auxilia na caracterização do SMD na empresa.

Para que um sistema de medição de desempenho seja eficiente e eficaz, é necessário que as informações disseminadas sejam úteis para a tomada de decisão e ação. Para tanto, certos elementos são necessários (MARTINS, 1998):

- Existência de uma rede de relacionamento entre as medidas de desempenho;
- Uso das informações para planejar, controlar e melhorar o desempenho;

- Integração com outras metodologias e ferramentas;
- Integração com sistemas de recompensas;
- Indução de atitude nos funcionários;
- Legitimação do discurso da gerência e
- Uso de medidas de desempenho específicas por alguns setores.

Ferraz e Martins (2002) afirmam que as organizações podem encontrar dificuldades em migrar de seus sistemas de medição de desempenho para novos modelos, devido a falta de métodos estruturados. Os autores apresentam uma revisão teórica sobre métodos de diagnóstico e listam os principais métodos:

- Performance Measurement Record Sheet (PMRS) - Neely *et al.* (1997).
- Performance Measurement Questionnaire (PMQ) - Dixon *et al.* (1990).
- Framework for Auditing and Assising Non-Financial Performance Measurement Systems (FAANF) - Coleman e Clark, (2001).
- Integrated Performance Measurement Framework (IPMF) - Medori e Steeple, (2000).
- Integrated Performance Measurement Systems - Bititci *et al.* (1998).
- ISO 9000:2000.
- Prêmio Nacional da Qualidade.

A realização de um diagnóstico na medição de desempenho existente pode auxiliar na solução deste problema, minimizando erro e economizando recursos (pessoas, tempo, dinheiro, etc.).

Na tentativa de proporcionar soluções para esta situação de inadequação dos sistemas de medição de desempenho foram propostos vários modelos de sistemas de medição de desempenho (FERRAZ; MARTINS, 2002).

A seguir são apresentadas as estruturas dos modelos de sistema de medição de desempenho SMART (*Strategic Measurement and Reporting Technique*) e *Balanced Scorecard* (BSC), *Performance Prism*.

3.6 Principais modelos de sistema de medição de desempenho

Um sistema de medição de desempenho permite que as decisões e ações sejam tomadas com base em informações porque ele quantifica a eficiência e a eficácia das ações passadas por meio da coleta, exame, classificação, análise, interpretação e disseminação dos dados adequados (NEELY, 1998).

Em função da inadequação da medição de desempenho tradicional, o uso balanceado de medidas financeiras e não-financeiras para refletir a complexidade das organizações torna-se um assunto de extrema importância (GHALAYINI; NOBLE, 1996).

Martins (1998) relaciona as principais propostas de modelos de sistema de medição de desempenho encontradas na literatura consultada durante a década de 1990. Destaca que devido ao grande número de propostas, apenas aquelas de maior difusão e as mais relevantes serão apresentadas.

- SMART – “Performance Pyramid”
- Balanced Scorecard (BSC)
- Sistema de Medição de Desempenho para Competição Baseada no Tempo
- Sistema de *Feedback* de Gestão do Desempenho
- Modelo para Medição do Valor Adicionado
- Estruturas de Indicadores de Gestão
- Sete Critérios do Desempenho
- Medição do Progresso da TQM

- Matriz do Objetivo de Desempenho
- Desempenho Quantum
- Performance Measurement Questionnaire (PMQ)
- Modelo de Medição de Desempenho para Manufatura Classe Mundial
- Sistema de Avaliação do Desempenho do Negócio
- Modelo de Medição de Desempenho
- Prêmio da Qualidade “Malcolm Baldrige”
- Medição de Desempenho para Gestão por Processos
- Sistema de Medição de Desempenho Integrado
- Sistema de Medição de Desempenho Proativo
- Sistema de Medição de Desempenho Integrado e Dinâmico
- Accountability Scorecard
- Strategic Scorecard

A seguir são apresentadas, em ordem cronológica, as seguintes estruturas de sistemas de medição de desempenho: *Performance Pyramid*, *Balanced Scorecard* (BSC), *Performance Prism*. Vale observar que essas estruturas são as citadas na literatura pesquisada e o BSC é amplamente adotado por empresas de vários setores da economia. Na revisão bibliográfica, pode-se observar que para construção civil a ênfase é em medidas de desempenho e não em sistemas de medição de desempenho.

3.6.1 O modelo SMART (*Strategic Measurement and Reporting Technique*)

O modelo SMART (*Strategic Measurement and Reporting Technique*) foi

desenvolvido por Cross e Lynch nos Laboratórios Wang. A denominação *Performance Pyramid* (Pirâmide do Desempenho) foi atribuída mais tarde (CROSS; LYNCH, 1990).

A *Performance Pyramid* está focada na estratégia da empresa, sendo orientada para o cliente externo. Permite que os objetivos financeiros e de mercado atravessem através da empresa até os centros de operações.

Este modelo representa a empresa em quatro diferentes níveis e fornece uma estrutura de comunicação em duas direções: fluindo da alta administração para o nível operacional e vice-versa (Figura 3.9)



Figura 3.9 *Performance Pyramid*

Fonte: Cross e Lynch (1990), p. 57

No topo da pirâmide (primeiro nível), está localizada a visão do negócio da empresa, que é desenvolvida pela direção da empresa. No segundo nível, localizam-se os objetivos para cada unidade de negócio, que são definidos em termos de mercado e finanças. A estratégia é formulada partindo-se da definição dos objetivos e como estes deverão ser atingidos. No terceiro nível, que compreende satisfação do cliente, flexibilidade e produtividade, os processos de negócio são definidos. A base da pirâmide representa os objetivos desdobrados em:

qualidade, entrega, tempo de ciclo e perda para cada um dos departamentos ou componentes do sistema de negócios da empresa.

Foi idealizado com os seguintes princípios, segundo (CROSS; LYNCH, 1990):

- Administrar e mensurar múltiplas dimensões de desempenho no contexto estratégico;
- Em reuniões estratégicas estipular as contribuições individual e coletiva de cada departamento e função;
- Ligar objetivos estratégicos com operações;
- Integrar informações financeiras e não-financeiras de maneira que possam ser usadas pelos gerentes operacionais;
- Enfocar todas as atividades de negócios em requisitos dos clientes;
- Modificar desempenho, incentivo, e sistemas de recompensas quando necessário.
- Esclarecer as medidas de importâncias estratégicas;
- Obter consenso quanto ao fluxo horizontal através de funções ou departamentos;
- No nível operacional, cada departamento comunicará por relatório informações relevantes aos interesses da empresa.

Cross e Lynch (1990) enfatizam que a forma de divulgação deve ser clara com atrativos visuais, sugerem a criação de uma sala de guerra local em que os indicadores serão monitorados e administrados.

3.6.2 Balanced Scorecard (BSC)

O sistema de medição de desempenho mais conhecido é o *Balanced Scorecard* (BSC). Este modelo foi desenvolvido inicialmente por Kaplan e Norton (1992) e, desde então, vem sendo aplicado em diferentes organizações. O cerne deste modelo baseia-se em traduzir a visão da organização em possíveis ações concretas, pelo estabelecimento de metas e indicadores

de desempenho. Os autores apontam que o *Balanced Scorecard* deve apresentar um conjunto balanceado de medidas financeiras e não-financeiras, vinculadas a quatro perspectivas importantes para o negócio da empresa (Figura 3.10): finanças, clientes, processos internos e aprendizagem e crescimento (KAPLAN; NORTON, 1997).

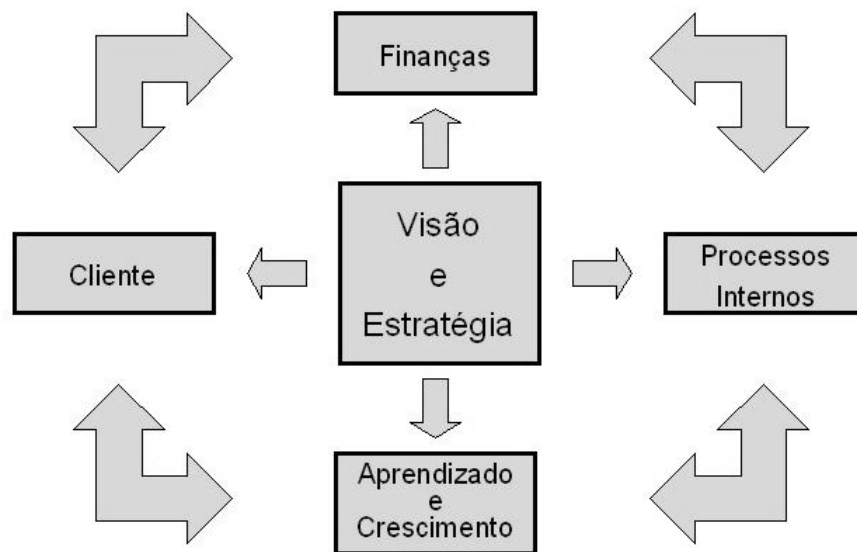


Figura 3.10 As Quatro Perspectivas do *Balanced Scorecard*

Fonte: Kaplan e Norton (1997)

O *Balanced Scorecard* permite a visualização da estratégia da empresa por quatro perspectivas e as questões que norteiam estas perspectivas (KAPLAN; NORTON, 1997):

- Perspectiva Financeira: mede as conseqüências das ações tomadas de uma forma econômica, cada medida é parte de uma relação causa-efeito, e é formada por indicadores relacionados à rentabilidade;
- Perspectiva do Cliente: medidas de desempenho de resultado para segmentos de mercado e clientes. Além dos indicadores que se referem diretamente ao cliente, devem existir medidas para focalizar os esforços para agregar valor ao cliente;
- Perspectiva dos Processos Internos: medidas e objetivos para entregar valor ao cliente e

satisfazer os acionistas. Os processos com maior importância para a satisfação do cliente devem ser considerados prioritários; e

- Perspectiva de Aprendizagem e Crescimento: suas medidas pretendem identificar o que a organização precisa priorizar para atingir uma ruptura significativa no desempenho e que são significativas para as outras três perspectivas.

O BSC conserva a perspectiva financeira, visto que as medidas de desempenhos financeiros são valiosas para sintetizar as conseqüências econômicas imediatas de ações consumadas. As medidas de desempenho financeiras indicam se a estratégia de uma empresa, sua implantação e execução estão contribuindo para a melhoria dos resultados financeiros.

Permite identificar os segmentos de clientes e mercados os quais a unidade de negócios competirá. Normalmente inclui várias medidas básicas do sucesso de uma estratégia bem formulada e bem implantada. Entre as medidas essenciais de resultados estão a satisfação do cliente, a retenção de clientes, a aquisição de novos clientes, a lucratividade dos clientes. Mas também deve incluir medidas específicas da proposta de valor que a empresa oferecerá aos clientes, como: rapidez da produção, pontualidade das entregas, produtos ou serviços inovadores.

Nesta perspectiva, identificam-se os processos internos críticos que se deve alcançar a excelência. Estes processos permitem que a empresa ofereça propostas de valores capazes de atrair e reter clientes alvos e satisfazer às expectativas dos acionistas quanto ao retorno financeiro.

Identifica a infra-estrutura que a empresa deve construir para gerar crescimento e melhoria de longo prazo. Esta perspectiva provém de três fontes principais: pessoas, sistemas e procedimentos organizacionais.

Martins (1998) apresenta uma relação com os pontos fortes e fracos do *Balanced Scorecard*. Os pontos fortes são:

- Ligação entre estratégia a iniciativas de melhoria de propósito geral;
- Restabelecimento do “elo perdido” entre estratégia e medição;

- Relacionamento explícito entre direcionadores e resultados;
- Comunicação da estratégia;
- Visão geral (“*big picture*”) da estratégia;
- Adaptável a organizações com fins lucrativos e sem fins lucrativos, privadas e governamentais.

Os pontos fracos, segundo Martins (1998), são mostrados a seguir:

- Centralização e rigidez excessivas;
- Alto nível de detalhamento (tempo e custo);
- Pouco ágil para ambientes turbulentos;
- Não considera todos os *stakeholders*;
- Relação de causa-e-efeito são expectativas;
- Não considera estratégias emergentes;
- Não é tão balanceado assim;
- Dificuldade de desbocramento da estratégia para grandes corporações; e
- Relacionamento explícito entre direcionadores.

3.6.3 Performance Prism

O *Performance Prism* é um sistema de medição de desempenho de segunda geração desenvolvido por pesquisadores do *Centre for Business Performance* da Universidade de Cranfield – Inglaterra tendo como principal pesquisador Andy Neely. Este sistema tem por objetivo preencher as lacunas deixadas pelos outros sistemas de medição de desempenho como,

por exemplo, o BSC, no que se refere ao atendimento do atual ambiente competitivo (NEELY; ADAMS e CROWE, 2001).

O *Performance Prism* inicia o desdobramento das medidas de desempenho a partir dos stakeholders, contrariamente dos SMDS de primeira geração que iniciam a partir da estratégia (NEELY; ADAMS e CROWE, 2001).

Um modelo de medição, a dimensão da satisfação dos *stakeholders* deve ser abrangente, atingindo não só os consumidores e investidores, normalmente citados por outros modelos como, por exemplo, o BSC, mas também deve atingir os empregados, alianças de parceria, fornecedores, intermediários, investidores, reguladores e comunidade (Figura 3.11). Esta estrutura ganha um claro entendimento da ‘tensão dinâmica’ que existe entre o que os *stakeholders* querem e exigem da organização e o que a organização deseja e necessita de seus *stakeholders*, pode ser um exercício de aprendizagem extremamente valioso para a grande maioria das empresas e, especialmente, suas respectivas unidades de negócio (NEELY; ADAMS, 2000).

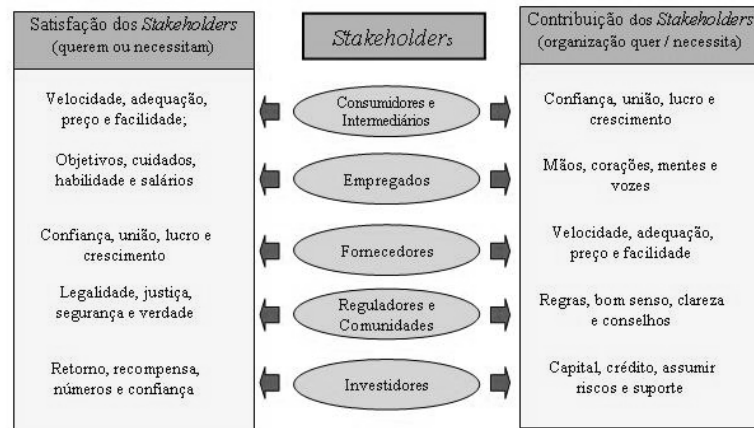


Figura 3.11 O que os *stakeholders* e a organização querem e necessitam

Fonte: Neely e Adams, (2000), p.7

Essa estrutura é representada por uma figura tridimensional - Figura 3.12 composta por cinco faces: satisfação dos *stakeholders*; estratégias, processos, capacidades, e

contribuição com os *stakeholders*. As estratégias, processos e capacidades, são meios para alcançar a satisfação dos *stakeholders*. A estratégia mobiliza os processos com as requeridas capacidades da organização. Com o objetivo de serem satisfeitos, os *stakeholders* também têm que contribuir para manter e desenvolver as capacidades (NEELY; ADAMS, 2000).

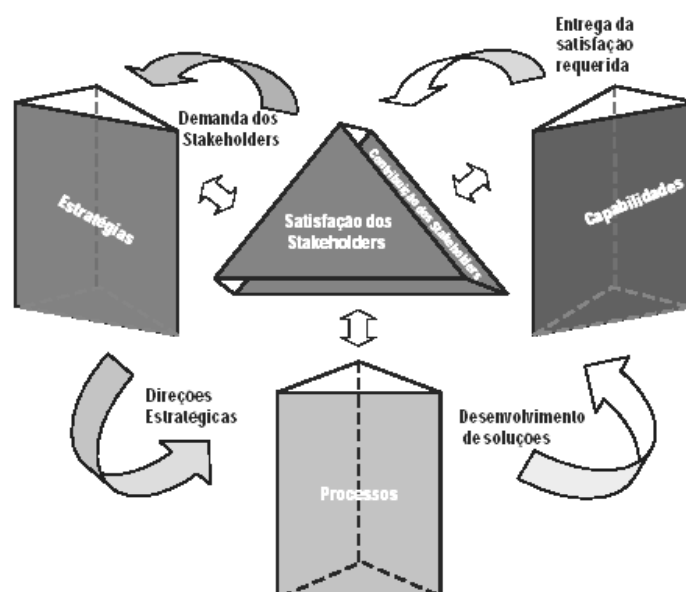


Figura 3.12 *Performance Prism*

Fonte: Neely e Adams, 2000.

As cinco faces do *Prism*, apesar de inter-relacionadas, estão relacionadas a cinco questões sobre o processo de desenvolvimento das medidas de desempenho:

- Satisfação dos *stakeholders* – quem são os stakeholders-chave para a organização, quais suas demandas e necessidades?
- Estratégias – quais as estratégias a serem seguidas pela organização de maneira a atender as demandas e necessidades dos *stakeholders*?
- Processos – quais processos devem ser implementados de maneira a atingir as estratégias?
- Capabilidades – quais as capacidades necessárias para operacionalizar os processos?

- Contribuição dos *stakeholders* – o que a organização demanda e necessita dos *stakeholders* de forma a viabilizar todas as necessidades levantadas?

Cada face do *Performance Prism* pode ser ainda dividida em subcategorias. A estratégia pode ser analisada no nível de corporação, unidade de negócio, linhas de produtos, e nível operacional. Do mesmo modo, os processos podem ser refinados em desenvolvimento de novos produtos e serviços, geração de demanda, planejamento e gestão da empresa, etc.

Finalmente, as capacidades podem ser divididas em termos das pessoas, práticas, tecnologias e infra-estrutura física (ADAMS; NEELY, 2000).

A seguir serão apresentados alguns estudos de Sistema de Medição de Desempenho em empresas da construção civil.

3.7 Considerações sobre a medição de desempenho na Produção Enxuta

Mitropoulos e Howell (2001) argumentam que o sistema de medição de desempenho tradicional apresenta-se como um entrave à introdução dos princípios *lean* e propõem um modelo que identifica três elementos críticos para o sucesso: tempo gasto com a melhoria, melhoria das habilidades e mecanismos e perspectiva da melhoria e metas. Vale destacar que esses autores foram os únicos a tratarem do tema medição de desempenho na adoção da Construção Enxuta. Por este motivo, a seguir serão apresentados resultados da pesquisa bibliográfica sobre o tema para a área da manufatura.

Godinho Filho e Fernandes (2004) apresentam o resultado de uma pesquisa em que classificam artigos sobre a produção enxuta. Esse trabalho consta de 82 artigos e é baseado em um sistema de classificação subdividido em quatro parâmetros: 1.) método; 2.) abrangência; 3.) princípios e 4.) capacitadores. Os parâmetros serão descritos, sucintamente, a seguir. Quanto ao parâmetro método, esse trabalho foi dividido em duas classes:

- Trabalhos teóricos. Dentro desta classe estão os trabalhos que utilizam metodologia

científica baseada na teoria, ou seja, pesquisas do tipo teórico-conceitual, como discussões conceituais e revisões da literatura.

- Trabalhos práticos. Dentro desta classe estão todos os outros procedimentos, como: pesquisas do tipo experimental, *surveys*, estudos de caso e pesquisa-ação. Todas utilizam a prática para testar ou validar algum conceito determinado.

O segundo parâmetro proposto por Godinho Filho e Fernandes (2004) é a abrangência do trabalho. Como a função produção é apenas uma parcela do todo que representa a produção enxuta, este parâmetro refere-se basicamente ao nível da cadeia de suprimentos em que está focado o trabalho. A seguir são descritos os focos na cadeia de suprimentos:

- Foco no chão de fábrica. Refere-se aos trabalhos cujo foco principal é o estudo das práticas enxutas no chão de fábrica;
- Foco em outras áreas da empresa. Refere-se aos trabalhos cujo foco principal é o estudo das práticas enxutas em outras áreas da organização, como: projeto, recursos humanos, contabilidade/ custos, desenvolvimento de produto e serviço pós-venda, etc.;
- Foco na cadeia de suprimentos. Refere-se a trabalhos cujo foco principal são as práticas enxutas relacionadas a clientes e fornecedores da empresa.

O terceiro parâmetro do sistema de classificação são os princípios enxutos enfatizados no trabalho. Os autores extraíram importantes referências sobre Produção Enxuta e Sistema Toyota de Produção. Segue os princípios utilizados por Godinho Filho e Fernandes (2004) na classificação dos artigos:

- Determinar valor para o cliente, identificando cadeia de valor e eliminando desperdícios;
- Trabalho em fluxo/simplificar fluxo;
- Produção puxada/*just in time*;
- Busca da perfeição;
- Automação/qualidade seis sigma;

- Limpeza, ordem e segurança;
- Desenvolvimento e capacitação de recursos humanos;
- Gerenciamento visual;
- Adaptação de outras áreas da empresa ao pensamento enxuto.

O quarto parâmetro utilizado por Godinho Filho e Fernandes (2004) diz respeito aos capacitores. O resultado em percentual mostra a frequência que aparecem nos trabalhos. Os capacitadores: o trabalho em equipes, o *kanban* e a tecnologia de grupo constam respectivamente, em 41,5%, 30,5% e 28,0% dos trabalhos estudados. Outros capacitadores bastante estudados (mais de 20,0% dos artigos) são: o trabalho em fluxo contínuo/redução do tamanho de lote (26,8%); trabalhador multiespecializado/rodízio de funções e treinamento de pessoal (ambos tratados em 22,0%); e melhoria na relação cliente–fornecedor/redução do número de fornecedores e kaizen (ambos tratados em 20,7%).

Alguns capacitadores são tratados em um número extremamente reduzido nesses trabalhos. Este é o caso dos gráficos de controle visuais (3,6%) e da utilização de medidas de desempenho "enxutas" (1,2%).

Destaca-se que o capacitador medidas de desempenho "enxutas" obteve o menor índice de aparição dentre os artigos analisados. Apareceu em apenas 1 dos 82 artigos que equivale a 1,2% do total. Vale observar que a Produção Enxuta é mais antiga na manufatura de que na construção civil.

Alves e Tsao (2007) analisaram 357 trabalhos publicados no *International Group for Lean Construction* (IGLC) entre 2000 e 2006, identificando a incidência de palavras chaves. Para tanto, reuniram palavras representativas em grupos, como por exemplo as encontradas no Quadro 3.2:

Das palavras relacionadas nesses grupos foram identificadas 1710 palavras chaves em 329 trabalhos, ou seja, aparecem em 92,2% dos 357 trabalhos analisados.

Grupo	Palavras representativas
Custo	Fluxo de caixa; Custo da construção; Controle do custo; e Custo da informação.
Segurança	Acidente; Segurança na construção; Identificação do risco; e Treinamento de segurança.
Administração da produção	Controle da produção; Melhoria da produção; Planejamento da produção; e Projeto para a produção.
Cliente	Envolvimento do cliente; Requisito do cliente; Satisfação; e Análise das necessidades do cliente.
Aspectos Humanos	Comportamento; Erros humanos; Desenvolvimento de recursos humanos; e Incentivo.

Quadro 3.2 Grupo de palavras e palavras representativas identificadas nos artigos do IGLC

Fonte: Adaptado de Alves e Tsao (2007)

O grupo "medição de desempenho" ficou constituído com as seguintes palavras: *benchmarking*; medidas de desempenho na construção; *benchmarking* de processo construtivo, indicadores de desempenho, medidas de desempenho, rastreabilidade de desempenho, *benchmarking* qualitativo. Esse grupo foi encontrado 1,3% de palavras chaves do total analisado.

Constata-se a partir dos trabalhos de autores como Godinho Filho e Fernandes

(2004) e Alves e Tsao (2007), a carência de trabalhos que relacionem a produção enxuta e a medição de desempenho.

Sánchez e Pérez (2001) apresentam os resultados de uma pesquisa com empresas espanholas da região de Aragão. Elas reconhecem a dificuldade de implantação da produção enxuta principalmente porque, segundo essas autoras, ocorre inicialmente diminuição nos índices de produtividade em decorrência do sistema de medição de desempenho tradicional, que não consegue representar com eficácia os ganhos de produtividade obtidos. No entanto, não identificam a causa deste fato.

A questão que se mantém é se esse fenômeno com a diminuição dos índices de produtividade em virtude do sistema de medição de desempenho tradicional se confirmará na Construção Enxuta, uma vez que não foi localizada bibliografia que trate do assunto.

Essas autoras sugerem uma lista de indicadores de desempenho "enxutos", subdivididos em: atividades que não agregam valor, melhoria contínua, equipes multifuncionais, *Just-in-time* de produção e entrega, integração de fornecedores, sistema de informações flexíveis (Quadro 3.3). Simbologia adotada: (↑) houve aumento; (↓) houve diminuição.

Estes indicadores foram denominados de "indicadores intermediários" que avaliassem as mudanças decorridas após a adoção dos princípios *lean*. Não são nem indicadores de implantação nem de resultados. O resultado (alteração) apresentado sinaliza se o indicador obteve aumento ou diminuição após a implantação da produção enxuta nessas empresas.

Definição do Indicador	Alteração
Eliminação de atividades que não agregam valor	
Percentual de peças comuns para os produtos da empresa	↑
Valor do trabalho relação as vendas	↓
Giro do estoque	↑
Número de vezes e distância que as peças são movimentadas	↓
Percentual da manutenção preventiva versus manutenção total	↑
Melhoria contínua	
Número de sugestões dos funcionários por ano	↑
Porcentagem de sugestões implantadas	↑
Benefícios por sugestões implantadas	↓
Percentual de máquinas paradas por mau funcionamento	↓
Número de funcionários envolvidos no controle da qualidade	↓
Equipes Multifuncionais	
Percentual de funcionários trabalhando em equipes	↑
Percentual de atividades executadas por equipe de trabalho	↑
Percentual de funcionários envolvidos em rodízio de tarefa	↑
JIT de produção e entrega	
Tempo de ressuprimento (<i>lead time</i>) do pedido dos clientes	↓
Percentual de peças entregue no prazo	↑
Nível de integração entre entrega dos fornecedores e sistema de informação da produção	↑
Tamanho do lote de produção	↓
Integração de fornecedores	
Número de sugestões feitas por fornecedores	↑
Frequência de visita técnica nas empresas fornecedoras	↑
Frequência de visita técnica dos fornecedores	↑
Sistema de informação flexível	
Frequência que o funcionário recebe informações	↑
Número de reuniões entre funcionários e gerência	↑

Quadro 3.3 Conjunto de indicadores de desempenho para avaliação da mudança do sistema tradicional para o sistema *lean*

Fonte: Adaptado de Sánchez e Pérez (2001)

Essas mesmas autoras sugerem que a análise mais aprofundada desses indicadores

seja um bom ponto de partida para estudo complementar entre o uso destes indicadores e da competitividade das empresas.

Outros autores também identificam complicações entre os sistemas tradicionais de medição e a implantação da produção enxuta em uma empresa, como Ahlstron e Karlsson (1996) que argumentam que após a implantação dos princípios *lean*, do ponto de vista de gestão de produção, o ideal seria que o sistema de medição de desempenho atendesse à transição para produção enxuta. No entanto, argumentam esses autores, os sistemas tradicionais de medição podem afetar negativamente este processo de adoção, devido à inabilidade quanto às interpretações dos resultados desta mudança. Este novo sistema adaptado não deve ser limitado às medidas financeiras, mas também às outras medidas como qualidade, tempo de execução e trabalho em progresso, por exemplo.

Lewis (2000) desenvolveu uma pesquisa em três empresas de médio porte fabricantes de auto-peças. Concluiu que embora a implantação da produção enxuta tenha como objetivo principal o aumento da competitividade das empresas, os resultados esperados podem não ocorrer imediatamente. Fatores diversos, como do tipo de empresa, os variados tipos de produtos e a forma empregada na implantação podem influenciar os resultados. Resultados como diminuição de recursos necessários, aumento da qualidade, melhoria nos índices de produtividade etc., são possíveis de serem verificados, no entanto, a relação entre a implantação dos princípios da produção enxuta e a rentabilidade da empresa não tem um relacionamento imediato.

Cardoza e Carpinetti (2005) enfatizam que o foco da produção enxuta é a absoluta eliminação ou redução do desperdício. Isso envolve mudanças nas práticas de gestão de qualidade e gestão de operações utilizadas para melhorar e gerenciar os processos produtivos. Uma das alterações mais significativas diz respeito ao conjunto de indicadores de desempenho (ID's) que são utilizados pelos gerentes de manufatura para avaliar a qualidade industrial do processo e dos produtos, o inventário dos estoques em processos (*work-in-process* - WIP), a produtividade da célula, o tempo de fabricação, o tempo de preparação (*setup*), a satisfação dos clientes e dos funcionários, entre outros. E concluem que na literatura específica da área de gestão de operações e melhoria da qualidade existem poucas informações sobre como desenvolver tais ID's nesse sistema de manufatura.

3.7.1 Indicadores de desempenho na construção civil

Na construção civil, a medição de desempenho vem despertando um crescente interesse tanto por parte da indústria como da comunidade acadêmica, sendo considerado um elemento essencial para a gestão das empresas (COSTA *et al.*, 2002).

No entanto, Heineck *et al.* (2002) alertam que desde os anos 1990 um número significativo de empresas construtoras por todo o Brasil implantou programas de qualidade e melhorias de produtividade em seus canteiros de obras. Contudo, nenhuma delas pode justificar sua adoção de inovações por meio das reduções de custo real ou qualquer outra medida de desempenho, pela simples razão que raramente essas medidas são apuradas.

Já em 1994, Lantelme (1994) explica que o setor da construção civil, pouco habituado à prática da medição de desempenho, encontra-se carente de dados que possam fornecer informações quanto ao desempenho das empresas e quanto às ações a tomar para a melhoria da qualidade e produtividade. Essa autora propõe o desenvolvimento de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade subdivididos nas áreas de projeto, planejamento e vendas, suprimentos, produção, assistência técnica, recursos humanos, política e organização. A avaliação da implantação do sistema de indicadores de desempenho em um conjunto de empresas demonstra que estes obstáculos estão relacionados, principalmente, ao grau de comprometimento da empresa com a melhoria da qualidade e à falta de conhecimento e experiência dos profissionais para a coleta, processamento e avaliação de dados.

Apesar dos esforços empreendidos nos últimos anos por grupos de pesquisa e o interesse de entidades setoriais na disseminação dos conceitos e práticas da medição de desempenho, observa-se que o uso dos indicadores ainda não constitui uma prática sistemática para muitas empresas do setor da construção civil. A ausência de medidas de desempenho adequadas vem sendo apontada como umas das dificuldades para avaliação do desempenho e competitividade das empresas no setor (COSTA; CORDEIRO e FORMOSO, 2003).

No entanto, apesar de sua importância, observa-se que muitas empresas, tanto do setor industrial quanto na construção civil, não possuem qualquer tipo de sistema de medição de desempenho estruturado ou, quando possuem, existem deficiências em muitos dos sistemas implementados. Essa situação é decorrente de alguns fatores. Dentre eles, destacam-se (COSTA

et al., 2002):

- A dificuldade das empresas em determinar o que medir e como medir, pois, nem sempre são óbvias quais medidas de desempenho a empresa deve adotar e quais são as mais relevantes;
- As medidas de desempenho raramente são integradas ou alinhadas com o processo de negócio;
- Existem barreiras para implementação do sistema de medição de desempenho tanto de caráter estrutural, referente a deficiências no projeto do sistema e forma de implementação, quanto barreiras comportamentais, relacionadas às formas de pensar e agir dos gerentes, baseadas na intuição, impulso e experiência ao tomar decisões.

Oliveira (1999) propõe um sistema de indicadores de desempenho para planejamento, observa-se a predominância dos indicadores de produção, como por exemplo: percentual de atividades atrasadas, no prazo e adiantadas (planejamento de longo prazo), taxa de frequência de acidentes (de médio prazo) e percentual da programação concluída por subempreiteiro (de curto prazo).

Com o objetivo de disseminar o conhecimento dos indicadores de desempenho utilizados na construção civil o Núcleo Orientado para a Inovação na Edificação (NORIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) iniciou em 2003 um projeto com o objetivo de desenvolvimento e implantação de um Sistema de Indicadores de Desempenho para *Benchmarking* para a Indústria da Construção, por meio de utilização de instrumentos da Tecnologia da Informação, principalmente aqueles vinculados ao uso da internet. Em março de 2004, foi firmada uma parceria entre SINDUSCON-RS e o NORIE/UFRGS visando a promover a consolidação e a disseminação de um sistema de indicadores de desempenho para *benchmarking* no âmbito de Porto Alegre-RS. Segue o Quadro 3.4, com os principais indicadores listados:

Parâmetro ou fator crítico de sucesso	Descrição
Avaliação dos fornecedores de materiais	Avaliar o desempenho dos fornecedores de materiais, auxiliando a empresa na tomada de decisão quanto à escolha desses fornecedores, bem como proporcioná-los <i>feedback</i> .
Avaliação dos fornecedores de serviços	Avaliar o desempenho dos fornecedores de serviços, auxiliando a empresa na tomada de decisão quanto à escolha desses fornecedores, bem como proporcioná-los <i>feedback</i> .
Índice de boas práticas em canteiro de obras	Possibilitar a realização de uma análise qualitativa do canteiro de obras, no que diz respeito a seus principais aspectos: instalações provisórias, higiene, segurança e bem-estar do trabalhador, transporte e armazenamento de materiais e gestão de resíduos de construção
Desvio de custo da obra	Avaliar o desempenho da obra finalizada, através da relação entre o custo orçado e o custo efetivo.
Desvio de prazo da obra	Avaliar o desempenho da obra finalizada, através da relação entre o prazo previsto e o prazo efetivo.
Percentual de funcionários treinados	Avaliar a distribuição das horas de treinamento pelo número total de funcionários da empresa.
Índice de satisfação do cliente usuário	Conhecer o grau de satisfação do usuário sobre o edifício, de forma a identificar sucessos e falhas relativas ao desempenho do imóvel e ao atendimento ao cliente, retroalimentando as fases de projeto e construção da obra.
Índice de treinamento	Monitorar o esforço da empresa em proporcionar a qualificação da sua mão-de-obra para os seus funcionários por meio do número médio de horas de treinamento.
Percentual de pacotes concluídos	Avaliar a eficácia do processo de planejamento e controle da obra, particularmente quanto à qualidade dos planos de curto prazo, bem como identificar problemas na execução de tarefas e orientar a implementação de ações corretivas.
Velocidades de vendas	Avaliar a eficácia com que a empresa realiza seus negócios no mercado imobiliário, sendo uma medida indireta da atratividade do produto oferecido. Também avalia a eficácia do setor de vendas da empresa.

Quadro 3.4 Sistema de Indicadores para *Benchmarking* na Construção Civil

Fonte: <<http://www.indicadores.locaweb.com.br>>

Nota-se nestes indicadores de desempenho selecionados nesta pesquisa a ausência de indicadores de produtividade, normalmente caracterizados pela relação “Hh” (homem-hora)

por quantidade de serviço.

Outros pesquisadores desenvolveram pesquisa com o intuito de identificar quais os indicadores mais utilizados e quais os de maior relevância, tais como Cavalcanti (2004) que realizou pesquisa em 26 empresas do subsetor de edificações na cidade de Recife, estado do Pernambuco, com o objetivo de identificar quais eram os indicadores financeiros e não-financeiros utilizados com maior frequência por essas empresas. O resultado é mostrado a seguir no Quadro 3.5:

Indicador	Frequência
Custo total da obra	92%
Fluxo de caixa	84%
Eficiência de vendas	73%
Retorno sobre investimento	73%
Margem de lucro	65%
Percentual das despesas com os empregados no custo da obra	50%
Composição de endividamento	46%
Percentual do faturamento aplicado na aquisição de equipamentos e tecnologia	23%
Faturamento ou lucro por empregado	23%
EBITDA (Lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização, do inglês (Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization))	23%

Quadro 3.5 Indicadores Financeiros por frequência de utilização

Fonte: Cavalcanti (2004) p. 84

Em 92% das empresas estudadas consideraram o "Custo total da obra" como um indicador a ser considerado. Embora esse indicador seja importante, sua análise deve ocorrer dentro um contexto maior, ou seja, deve ser comparado com um custo planejado ou orçado.

O Quadro 3.6, a seguir, apresenta os indicadores não-financeiros.

Indicador	Frequência
Satisfação do cliente	92%
Índice de treinamento	76%
Avaliação de fornecedores	65%
Produtividade global da obra	53%
Percentual de entregas feitas na data prometida	50%
Tempo de lançamento de novo empreendimento	46%
Índice de modificação do projeto	42%
Percentual de programação concluída	38%
Retrabalho	30%
Índice de conhecimento da marca	23%
Número médio de dias de estoque	23%

Quadro 3.6 Indicadores Não-Financeiros Frequência Percentual

Fonte: Cavalcanti (2004) p. 85

Embora a autora não forme uma análise para os resultados apresentados, nota-se que os indicadores clássicos custo, prazo e qualidade aparecem. O custo é mostrado de maneira significativa em Fluxo de caixa, retorno sobre investimento e margem de lucro, e o prazo aparece em Percentual de entrega feitas na data prometida, Percentual de programação concluída e a qualidade em Satisfação do cliente.

3.8 Considerações finais sobre esse capítulo

Esse capítulo procurou apresentar a evolução da medição de desempenho e ainda seus principais modelos.

Mostrou ainda considerações sobre a medição de desempenho na Produção Enxuta e uma relação de indicadores de desempenho utilizados na construção civil. Esses indicadores serão utilizados para análise na identificação de quais estão sendo aplicados na Construção Enxuta.

4 Pesquisa de Campo

Serão apresentados e discutidos alguns aspectos metodológicos, necessários ao adequado processo de desenvolvimento de uma pesquisa científica, que suportam a escolha do método de pesquisa que permitirá que o objetivo seja atingido.

4.1 Método de Pesquisa

As abordagens de pesquisa influenciam a condução do processo de investigação aproximando e salientando o fenômeno que se pretende estudar. Ainda conduz à identificação dos métodos e tipos de pesquisa adequados na busca das soluções (BERTO; NAKANO, 1999). A abordagem pode ser quantitativa ou qualitativa.

A pesquisa com abordagem quantitativa abstrai-se sobre hipóteses mensuráveis e bem estruturadas. Enfatiza a causalidade das partes e preocupa-se com a generalização e a capacidade de replicação dos dados. O contexto é visto como uma série de fatos que podem ser medidos e relatados. A pesquisa com abordagem qualitativa enfatiza a interpretação do indivíduo sobre o fenômeno estudado, possibilitando o surgimento de novas variáveis. A compreensão da situação real facilita o entendimento do funcionamento do fenômeno, preconizando a proximidade do pesquisador. A realidade é influenciada por elementos participantes da pesquisa (BRYMAN, 1989).

Bryman (1989) considera ser um erro afirmar que a diferença básica entre essas duas abordagens é a ausência ou presença de quantificação na segunda. A pesquisa qualitativa não inviabiliza a quantificação de variáveis. O que a diferencia da quantitativa é a ênfase em captar a perspectiva dos indivíduos que estão sendo estudados ou estão envolvidos na problemática.

Para esta pesquisa é fundamental capturar a percepção dos indivíduos de vários níveis hierárquicos dessas empresas, estimulando os entrevistados a pensar e falar livremente sobre o tema, fazendo emergir aspectos subjetivos de forma espontânea, para melhorar a compreensão do fenômeno. Dentre outros fatores, faz com que a abordagem qualitativa seja a

mais adequada.

4.1.1 Método de procedimento

O método de procedimento é um conjunto de etapas, ordenadamente dispostas, a serem vencidas na investigação da verdade, no estudo da ciência ou para alcançar determinado fim (GALLIANO, 1979). Na bibliografia pesquisada, constam diversos métodos de procedimentos, cada um desses com características próprias quanto à forma de coleta e análise dos dados. A seguir citam-se os métodos de maior relevância e suas principais características (Quadro 4.1).

Método de procedimento	Características
<p>Survey Bryman (1989); Forza (2002); e Freitas <i>et al.</i> (2000)</p>	<p>Consiste na coleta de dados efetuada por questionários com perguntas estruturadas; Utiliza a coleta de dados de indivíduos sobre eles mesmos ou sobre a unidade a que pertence para que se possa testar o relacionamento entre algumas variáveis previamente definidas; Necessita de uma base teórica consistente; Quando o foco de interesse é sobre “o que está acontecendo” ou “como e por que isso está acontecendo”; Não se tem interesse ou não é possível controlar as variáveis dependentes e independentes; e Tipicamente quantitativo</p>
<p>Modelagem/Simulação Berends e Romme (1999); e Bertrand e Fransoo (2002)</p>	<p>Consiste na construção de um modelo representativo de um sistema real; Possibilita que variáveis possam ser manipuladas para que sejam obtidas previsões a respeito do comportamento do sistema real; e Tipicamente quantitativo.</p>
<p>Experimentos Bryman (1989)</p>	<p>São realizados em grupos de indivíduos (no caso da pesquisa organizacional); Objetiva o estabelecimento de relações de causa-e-efeito entre as variáveis dependentes e independentes; e O pesquisador tem controle sobre as dependentes.</p>

Método de procedimento	Características
Pesquisa-ação Thiollent (1997); e Coughlan e Coughlan (2002)	Consiste na utilização da abordagem científica para resolução de questões organizacionais num processo cíclico de planejamento, ação e avaliação; Caráter participativo, existindo interação entre pesquisadores e membros representativos da situação investigada; e Esclarecer uma situação complexa e encaminhar possíveis ações, especialmente em situações insatisfatórias.
Estudo de Caso Yin (2005); Bryman (1989); e Voss <i>et al.</i> (2002)	O foco está na perspectiva dos indivíduos e no contexto; Ênfase em fenômeno contemporâneo dentro de seu ambiente natural; Útil quando os limites entre o fenômeno e seu ambiente não estão bem definidos; O pesquisador define o que deve e o que não deve ser levado em consideração na coleta de dados; e Fontes de dados qualitativas: entrevistas, observações diretas e análise de documentos.

Quadro 4.1 Método de procedimento

Fonte: Adaptado de Mergulhão (2007) p. 115

O foco deste trabalho é compreender as mudanças que ocorreram na medição de desempenho nas empresas que adotaram a Construção Enxuta e também entender as razões e em quais condições e como aconteceram estas mudanças. Para tanto se necessita obter as perspectivas dos envolvidos nesse processo de adoção e implementação da Construção Enxuta, bem como a forma como foi tratada a medição de desempenho.

Por tanto, faz-se necessário uma breve avaliação dos métodos em confronto com as necessidades dessa pesquisa.

Considerou-se que o método *survey* é inadequado, pois sua aplicação resulta em uma fotografia do momento presente, desconsiderando as etapas anteriores. Os métodos modelagem/simulação e experimentos também são inadequados pois nesses métodos o foco é a construção de um modelo representativo e o estabelecimento de uma relação de causa-e-efeito entre as variáveis dependentes e independentes.

O método pesquisa-ação mostra-se uma proposta de pesquisa com intensa integração entre pesquisador e os indivíduos pesquisados, além de apresentar características de

consultoria, que se estabelece o diagnóstico em que se procura identificar a natureza ou causa de uma situação irregular, elabora-se um prognóstico sobre qual deverá acontecer e promove-se o encaminhamento de possíveis ações solucionadoras. Este método é inadequado para esta pesquisa, pois o objetivo deste trabalho não é o de apresentar propostas com soluções de problemas.

O método estudo de caso procura entender a perspectiva dos indivíduos dentro do contexto contemporâneo em um ambiente natural. Além disto, uma de suas principais atribuições é tentar esclarecer o motivo que uma decisão (ou conjunto de decisões) quais foram tomadas, como foram implementadas essas decisões e com quais resultados obtidos (Schramm, 1971 citado por Yin, 2005).

Como a revisão da bibliografia não encontrou-se pesquisas empíricas que relacionassem a medição de desempenho com as práticas da Construção Enxuta, e como a pesquisa deste trabalho propõe-se verificar a interpretação das diferentes pessoas envolvidas com estes temas, dentro do contexto de suas empresas, conclui-se que o método de procedimento mais adequado para esta pesquisa é o estudo de caso. A seguir realiza-se uma breve descrição sobre este método de pesquisa.

4.1.2 Estudos de caso

Em geral, os Estudos de Caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo “como” e “por quê”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real (YIN, 2005).

O método de pesquisa Estudo de Caso constantemente tem sido considerado um dos métodos mais poderoso de pesquisa em gestão de operações, particularmente no desenvolvimento de novas teorias. No entanto, para se promover pesquisas desta natureza necessita-se: entrevistadores qualificados, tempo necessário para o seu desenvolvimento e cuidado com as conclusões de forma a manter sua generalidade. Mesmo em um conjunto limitado de casos, assegurado assim a rigorosidade da pesquisa (VOSS *et al.*, 2002).

Esses mesmos autores ainda acrescentam que a pesquisa de Estudo de Caso não

enriquece somente a teoria, mas também os próprios pesquisadores, principalmente pelo contato direto entre pesquisador e o objeto de pesquisa.

O Estudo de Caso pode ser explicitado por meio de três tipos de enfoque (YIN, 2005):

- Descritivo que possibilita a exposição de fenômeno específico;
- Exploratório que é utilizado principalmente em situações nas quais as variáveis não estão exatamente definidas, possibilitando, inclusive, o surgimento de novas variáveis. Presta-se ao desenvolvimento de novas teorias;
- Explanatório que parte da existência de um referencial teórico e busca interpretá-lo por meio de pesquisa empírica.

Dadas às características desta pesquisa, inédita quanto ao estudo empírico da avaliação do sistema de medição de desempenho em empresas praticantes da Construção Enxuta, o estudo Exploratório é o que melhor atende a estas necessidades.

Seleção das empresas

Yin (2005) afirma que o Estudo de Caso pode assumir dois tipos: único e múltiplos. O caso único é indicado em situações que o caso é extraordinário ou mesmo único.

Segundo Voss *et al.* (2002), o método Estudo de Caso é possível utilizar diferentes casos de uma mesma empresa para estudar assuntos diferentes ou pesquisa o mesmo assunto em contextos diferentes de uma mesma empresa. Destaca-se que no estudo de caso único existe maior oportunidade de aprofundamento da pesquisa, no entanto, pode ocorrer limitações quanto à generalização analítica das conclusões e teorias geradas, riscos os quais podem ser atenuados na comparação entre os dados e eventos ao se utilizar múltiplos casos.

No tipo de múltiplos casos, é possível maior abrangência do estudo, comparação entre os casos e a replicação. No entanto, possui as seguintes desvantagens: necessidade de mais recursos e tempo do pesquisador (YIN, 2005).

No caso desta pesquisa, não foi localizada nenhuma empresa que reunisse todos os

elementos caracterizando a Construção Enxuta. Além disso, foram identificadas várias empresas que se intitulavam praticantes da Construção Enxuta, após contato por telefone ou por meio de correio eletrônico, mas que se constatou que a maioria não se caracterizava de forma efetiva com as práticas *lean*. Por exemplo, foi localizada uma pequena empresa de pré-fabricados de concreto que produzia casas populares. Essa empresa, assim como várias outras semelhantes, iniciou suas atividades produzindo lajes pré-fabricadas, posteriormente diversificaram seus produtos, passando a produzir também outros artefatos com muros pré-fabricados de concreto e, na seqüência, passaram a construir pequenas casas. O fato de esta empresa apresentar semelhança com as empresas de produção em série foi suficiente para se intitular praticante da Construção Enxuta. Em outro exemplo, uma empresa construtora de edifícios residenciais montou em cada obra um quadro de aviso para comunicação para seus operários, ao lado de um cronograma da obra que constavam as equipes de produção (mão-de-obra direta) e subempreiteiros (terceirizados) e as atividades a serem executadas num horizonte de uma semana. A empresa chamou tudo isso de comunicação visual e intitulou-se praticante da Construção Enxuta. Neste caso, ambas as empresas foram descartadas desta pesquisa.

Esta situação de carência de empresas praticantes da Construção Enxuta foi também identificada por Picchi e Granja (2004) que afirmam que uma interpretação sistêmica das práticas *lean*, fazendo uso do Mapeamento do Fluxo de Valor, em seus estados atual e futuro, ainda é um cenário praticamente inexistente na construção civil. Constatam que na maioria das experiências na implementação da Construção Enxuta são utilizadas ferramentas isoladas em cada obra e geralmente fragmentadas, sem haver conexão entre elas.

Diante dessa realidade, descarta-se a utilização de caso único, optando-se nessa pesquisa, o método estudo de casos múltiplos.

Coleta de Dados

Yin (2005) e Bryman (1989) recomendam a utilização de várias fontes de evidência, permitindo com isto que os dados possam ser comparados, verificando-se se está ocorrendo uma convergência entre os fatos - triangulação.

Yin (2005) argumenta que nenhuma fonte única possui vantagem indiscutível

sobre as demais, mas que a vantagem na utilização de várias fontes reside no fato destas tornarem-se complementares.

As fontes de evidências utilizadas nesta pesquisa foram: entrevistas, documentos e observação direta. A seguir mostram-se as principais fontes de evidências e seus principais pontos fortes e fracos (Quadro 4.2).

Fontes de evidências	Pontos fortes	Pontos fracos
Documentação	Estável – podem ser revisadas inúmeras vezes; Discreta - não foi criada como resultado de estudo de caso; Exata – contém nomes, referências e detalhes exatos de um evento; e Ampla cobertura – longo espaço de tempo, muitos eventos e muitos ambientes distintos.	Capacidade de recuperação – pode ser baixa; Seletividade tendenciosa, se a coleta não estiver completa; Relato de vieses – reflete as idéias preconcebidas (desconhecidas) do autor; e Acesso – pode ser deliberadamente negado.
Entrevistas	Direcionadas – enfocam diretamente o tópico do estudo de caso; e Perceptivas – fornecem inferências causais percebidas.	Vieses devido a questões mal-elaboradas; Respostas viesadas; Ocorrem imprecisões devido à memória fraca do entrevistado; Reflexibilidade – o entrevistado dá ao entrevistador o que ele quer ouvir.
Observações diretas	Realidade – tratam de acontecimentos em tempo real; e Contextuais – tratam do contexto do evento.	Consumem muito tempo; Seletividade – salvo ampla cobertura; Reflexibilidade – o acontecimento pode ocorrer de forma diferenciada porque está sendo observado; e Custo – horas necessárias pelos observadores.

Quadro 4.2 Fontes de evidências: pontos fortes e pontos fracos

Fonte: Extraído de Yin (2005) p. 113

Os pontos fracos listados nas fontes de evidências documentação, entrevistas e observação direta foram contornados tomando-se as seguintes atitudes:

- Documentação. Foi utilizado material publicado em eventos acadêmicos ou apresentado

em congressos como, por exemplo, Lean Summit, Inovacon, Conenx⁶ etc. e ainda monografias, revistas especializadas, manuais, dissertações, além de material fornecido pelas empresas. Todo este material tem característica de ter alta capacidade de recuperação e fácil acesso;

- Entrevista. As questões para entrevistas foram elaboradas após a revisão bibliográfica, com intuito de captar os principais tópicos a serem abordados. As empresas foram selecionadas após avaliação do quesito Documentação por participação em eventos correlatos com o tema e constarem de publicação especializada. Os entrevistados foram selecionados por sua participação no processo de implantação e utilização das práticas da Construção Enxuta na empresa, sendo estes informados que se tratava de uma pesquisa de cunho acadêmico, uma vez que geralmente os entrevistados têm receio de fornecer informações que consideram estratégicas da empresa e que apesar disso fossem mais precisos possível nas respostas. Nas empresas localizadas fora deste Estado, as entrevistas foram realizadas por meio eletrônico, ou seja, utilizando-se comunicação via computador como forma de contato, ressalva-se que essas empresas apresentavam significativa quantidade de informações da fonte de evidência documentação;
- Observações diretas. Foram visitadas as empresas localizadas no Estado de São Paulo. Nestas pode-se observar os processos produtivos, incluindo quadro de visualização (programação da produção), equipamentos, estoques etc., além de área de planejamento das empresas.

Yin (2005) enfatiza que a principal tendência, em todos os tipos de estudo de caso, é que estes tentam esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou um conjunto de decisões foram tomadas, como foram implementados e com quais resultados alcançados, além disso, reconhece esse autor, os avanços nos meios de comunicação possibilitando a criação de técnicas de entrevistas como as por telefone e assistidas por computador (*Computer Assisted Telephone Interview - CATI*).

⁶ Esses eventos serão novamente abordados neste capítulo.

Delimitação do trabalho

Este trabalho está delimitado em obras ou unidades fabris de empresas que adotaram a Construção Enxuta. Foram selecionadas por participação em congressos como, por exemplo, Lean Summit, Inovacon, Conenx, além de constarem em artigos, monografias, revistas especializadas, dissertações etc., como praticantes da Construção Enxuta. Nesta pesquisa serão utilizadas quatro empresas que atenderam à delimitação do trabalho.

As empresas selecionadas foram:

- Empresa que atua no setor de edificação habitacional com sede em Fortaleza no Estado do Ceará;
- Empresa que atua na construção de obras industriais e comerciais com sede no interior do Estado de São Paulo;
- Empresa fabricante de pré-fabricados de concreto com duas unidades fabris, sendo uma das fábricas na Grande São Paulo e outra no interior do Estado de São Paulo; e
- Empresa que atua no setor habitacional e industrial com sede em Fortaleza no Estado do Ceará.

As pessoas entrevistadas foram as que participaram do processo de implantação da Construção Enxuta ou que a utilize atualmente. Os níveis hierárquicos da empresa serão representados por diretores, gerentes, engenheiros da obra etc.

Questionário semi-estruturado

Segundo BARROS e LEHFELD (1986), o questionário é o instrumento mais usado para a obtenção de informações. Não é restrito a uma determinada quantidade de questões, porém aconselha-se que não seja muito extenso para não desmotivar seu preenchimento. Pode ser entregue por escrito, e será respondido por escrito ou verbalmente.

O pesquisador deve ter como preocupação, ao elaborar o seu instrumento de investigação, a determinação do tamanho, do conteúdo, da organização e da clareza de

apresentação das questões a fim de estimular e esclarecer o informante.

O questionário pode possuir perguntas fechadas ou perguntas abertas e ainda a combinação dos dois tipos. As perguntas fechadas são aquelas questões que apresentam categorias ou alternativas de respostas fixas, como perguntas com alternativas dicotômicas (sim ou não) ou perguntas com respostas múltiplas (escolha de uma ou mais alternativas). As perguntas abertas são aquelas perguntas que levam o informante a responder livremente com frases ou orações.

Segundo Marconi e Lakatos (1990), o questionário possibilita ao pesquisador abranger um maior número de pessoas e de informações em espaço de tempo mais curto do que outras formas de pesquisa. Além disso, facilita a tabulação e tratamento dos dados obtidos, principalmente se o questionário for elaborado com maior número de perguntas fechadas e de múltipla escolha.

Entrevista

A entrevista tem como objetivo principal a obtenção de informações do entrevistado sobre determinado assunto ou problema. Quanto ao conteúdo, apresentam cinco tipos de objetivos (MARCONI; LAKATOS, 1990):

- Averiguação de "fatos": descobrir se as pessoas estão de posse de certas informações e se são capazes de compreendê-las;
- Determinação das opiniões sobre os "fatos": conhecer o que as pessoas pensam ou acreditam que os fatos sejam;
- Determinação de sentimentos: compreender a conduta de alguém através de seus sentimentos e anseios;
- Conduta atual ou do passado: inferir que conduta a pessoa terá no futuro, conhecendo a maneira pela qual ela se comportou no passado ou se comporta no presente, em determinadas situações;
- Motivos conscientes para opiniões, sentimentos, sistemas ou condutas: descobrir quais

fatores pode influenciar as opiniões, sentimentos e conduta e por quê.

Preparação da entrevista

A preparação da entrevista é uma etapa importante da pesquisa, pois requer tempo (o pesquisador deve ter idéia clara da informação de que necessita) e exige algumas medidas (CERVO; BERVIAN, 1983):

- Planejamento da entrevista: delimitando cuidadosamente o objetivo a ser alcançado;
- Conhecimento prévio do entrevistado: obter, sempre que possível algum conhecimento prévio acerca do entrevistado;
- Oportunidade da entrevista: marcar com antecedência a hora e o local, para assegurar-se de que será atendido;
- Condições favoráveis: garantir ao entrevistado o sigilo de seu relato e de sua identidade, facilitando a obtenção de informações confidenciais;
- Escolha do entrevistado: a escolha deve ocorrer de acordo com a familiaridade ou autoridade em relação ao assunto escolhido;
- Preparação específica: organizar roteiro ou formulário com as questões importantes.

A seguir mostra-se um resumo do Estudo de Caso (Quadro 4.3)

Abordagem da Pesquisa	Qualitativa
Método da Pesquisa	Múltiplos estudos de caso do tipo Exploratório
Questão da Pesquisa	Como as empresas que implementaram a Construção Enxuta estão enfrentando a problemática do desenvolvimento de formas de medição de desempenho?
Objetivo da Pesquisa	Investigar como as empresas estão adotando a Construção Enxuta, principalmente no que se refere à utilização de indicadores de desempenho nesta nova forma de organização e administração da produção.
Unidade de análise	Quatro empresas praticantes da Construção Enxuta
Crítérios para seleção	Constar em artigos, revistas, monografia ou dissertações como praticante da Construção Enxuta.
Fontes de dados	Entrevistas semi-estrutura (gerentes, coordenadores e engenheiros de obras); Observações; Análise de documentos
Análise dos resultados	Análise Intracazos (dentro dos casos) Análise Intercazos (entre os casos)

Quadro 4.3 Resumo da pesquisa Estudo de Caso.

4.2 Dados de Campo

A partir da documentação disponível (artigos, monografias, dissertação e material fornecido pelas empresas etc.) e da análise das entrevistas será apresentada uma breve descrição das empresas e nível de implantação da Construção Enxuta, enfatizando as ferramentas adotadas. Serão destacados os principais indicadores que as empresas mantiveram depois da implantação da Construção Enxuta, além dos indicadores que foram necessários ser adotados e os que foram abandonados ou que perderam a importância.

4.2.1 Construtora de edifícios residenciais

Esta empresa vem atuando no mercado imobiliário de Fortaleza-CE desde 1988. Iniciou suas atividades na construção de pequenas obras em regime de administração⁷ e posteriormente passou a trabalhar com a construção de edifícios residenciais seguindo o modelo tradicional de construção, ou seja, a estrutura dos edifícios executada em concreto armado moldado *in loco* e as vedações externas em alvenaria de blocos cerâmicos e atualmente utilizam nas vedações internas blocos de gesso. Possui cerca de 200 funcionários e utiliza predominantemente mão-de-obra própria; no entanto terceiriza alguns serviços como, por exemplo, estrutura de concreto e impermeabilizações. Possui mais de 1500 unidades executadas ou em construção, perfazendo total superior a 320.000 m² de área construída. A Construção Enxuta foi adotada a partir de 2004.

As entrevistas foram realizadas conforme o protocolo de pesquisa, inicialmente com o Diretor Técnico e coordenador da implantação da Construção Enxuta na construtora. Ele tem formação em engenharia civil e possui MBA (*Master Business Administration*) em Gerência de Projeto. A outra entrevista foi realizada com um engenheiro de obras e atual coordenador do sistema *Lean*. Este possui formação em engenharia civil e também participou do processo de implantação da Construção Enxuta.

Construção Enxuta na empresa

Em 2003, a diretoria da construtora resolveu envolver toda empresa na gestão da produção, entendendo que este setor da empresa poderia tornar-se um gargalo para o aumento da competitividade. Concomitante a isto se realizou em Fortaleza o Programa de Inovação da Indústria da Construção Civil do Ceará - INOVACON, sendo que um dos módulos foi referente a aplicação da Construção Enxuta.

O INOVACON compõe-se de doze empresas de construção ligadas ao mercado imobiliário. Elas entenderam ser vantajoso compreender os avanços tecnológicos e os novos processos de gestão das obras; com isso estabeleceram uma parceria, com o objetivo, entre outros, de questionar as tecnologias utilizadas atualmente pelo setor e propor melhores soluções

para os problemas enfrentados pela construção civil. Para isso buscaram apoio em instituições públicas de ensino e pesquisa, e alcançando em seguida, financiamento do governo federal para realização dessas atividades (BRASILEIRO NETTO; FREITAS e NOVAES, 2003).

Com o interesse despertado para as práticas da Construção Enxuta, em seguida a empresa participou do *Lean Summit* 2004 na cidade de São Paulo como forma de entender e aprender melhor esta nova forma de gerir a produção. A participação da construtora nesse evento foi de ouvinte. O *Lean Summit* é um evento promovido pelo Lean Institute Brasil realizado a cada dois anos, reunindo palestrantes nacionais e internacionais e ainda contando com a participação de empresas que, em geral, expõem seus exemplos de aplicações e mostrando os resultados obtidos.

Por ocasião do *Lean Summit* 2006, ocorreu a participação da construtora, no entanto na condição de palestrante em que apresentou um exemplo de aplicação. O tema central desse *Lean Summit* foi a sustentação do Sistema Lean, por meio de ferramentas, mudanças culturais e práticas de gestão apropriadas necessárias para implementações de sucesso e contínua evolução (www.lean.org.br).

Em 2006, a empresa criou o *JornaLean*, publicação interna que procura mostrar aos operários da empresa os principais conceitos, enfatizar os vocabulários, terminologias, além de apresentar entrevistas de pessoas envolvidas na implementação dos princípios da Construção Enxuta.

Em 2007 ocorreu em Fortaleza-CE o II Fórum Lean Nordeste, evento organizado pelo Lean Institute Brasil. Este instituto destacou a existência de diversas empresas de construção no Ceará que servem como referência internacional, pois essas vêm aplicando de forma pioneira os conceitos *lean* na construção de edifícios em Fortaleza, com significativa redução de prazos de entrega e custos (www.lean.org.br). Neste evento, a construtora participou como palestrante.

Conforme declarou o diretor técnico, o processo de implantação da Construção Enxuta ocorreu de maneira autônoma, ou seja, não foi contratado nenhum consultor. Esta opção foi adotada com intuito de fomentar a criatividade e aumentar a motivação do pessoal envolvido – engenheiros e estagiários – pois na compreensão inicial da empresa, as práticas da Produção

⁷ Modalidade de contrato em que a empresa recebe um percentual dos valores gastos na construção do empreendimento.

Enxuta foram desenvolvidas para a indústria automobilística e, portanto, precisam não somente ser adaptadas às práticas da construção civil, mas mais especificamente adaptadas às especificidades da empresa.

O primeiro passo tomado foi aquisição de livros sobre o assunto, ou seja, o planejamento e controle da produção. Os livros escolhidos foram: A Meta, Corrente Crítica e Mais do que Sorte. Na seqüência ocorreu a leitura de livros específicos das práticas da Produção Enxuta, como: Mentalidade Enxuta, Aprendendo a Enxergar, Fazendo Fluxo Contínuo, Léxico Lean, a Máquina que mudou o mundo etc.

A compreensão da leitura destes livros e da participação em eventos, a empresa estabeleceu alguns parâmetros para o desenvolvimento dos trabalhos: definição de lotes de produção, fluxo contínuo e diminuição dos tempos de *setup*⁸ (ROMANO *et al.*, 2005). Com isto estabeleceram-se conjuntos de atividades que pudessem ser executadas, sem interrupção do fluxo contínuo. Esses conjuntos formariam uma família ou lote de produção diferente, a serem produzidos por meio em um espaço físico fixo em células de produção.

O desenvolvimento deste trabalho devia atender dois requisitos básicos: primeiro que facilitasse o trabalho de gerenciamento do engenheiro de obras e segundo que agregasse valor para os operários, seja na forma de melhoria na remuneração ou na facilidade de execução.

Definição do lote de produção

Os lotes são agrupamentos de serviços correlatos, possíveis de serem executados por uma equipe definida de operários. Tem-se interesse na montagem de lotes de serviços repetitivos; no entanto para outros serviços considerados como, por exemplo, escavação de tubulões ou cravação de estacas pré-fabricadas, não há interesse na montagem de lotes, em geral são executados por empresas terceirizadas.

A montagem de lotes é possível em outros serviços em um edifício, como por exemplo, a elevação da alvenaria (externa, denominada de alvenaria de periferia e interna) e demais serviços relacionados. Como exemplo, cita-se a formação de um lote de produção,

⁸ O tempo de *setup* é compreendido entre a última unidade produzida de um ciclo até a primeira unidade, com qualidade, do ciclo seguinte”(LÉXICO LEAN, 2003, p. 69).

composta por pedreiros de alvenaria e serventes e pelas seguintes atividades (ROMANO *et al.*, 2005):

- Marcação da alvenaria;
- 1ª elevação da alvenaria;
- 2ª elevação da alvenaria;
- Caixas de passagem rede elétrica em áreas secas;
- Alvenaria da escada;
- Alvenaria do poço do elevador;
- Saiotes de wc⁹;
- Amestramento de piso¹⁰;
- Amestramento de parede;
- Contra marcos (assentamento);
- Contra marcos portas corta fogo;
- Regularização abrigo “air split” (ar condicionado)
- Cimentado polido do abrigo “air split”;
- Regularização de piso de wc; e
- Regularização de piso de varanda.

Esta relação de serviços se constitui de um ciclo dentro do pavimento, ou seja, a execução no próximo pavimento somente poderá se iniciar após a conclusão do seu anterior

⁹ Refere-se às primeiras fiadas de alvenaria que deverão ser impermeabilizadas nos sanitários.

¹⁰ Preparação para nivelamento do piso, com a colocação de taliscas para execução do contrapiso.

(considerando-se que será executado pela mesma equipe de produção). Todo este pacote de serviços recebeu a denominação genérica de alvenaria.

Segundo declarou o diretor técnico, com a criação da lote de produção foi possível agrupar aproximadamente 200 serviços em cerca de 20 lotes, ou seja, passou-se da microgestão para a macrogestão, possibilitando assim que o engenheiro de obra se preocupe com outros tipos de problemas que não somente os relativos à manutenção das frentes de trabalho. Nota-se que esta forma de gerir a produção, que nessa empresa recebeu a denominação de macrogestão, é uma forma de delegar responsabilidades para os operários.

A utilização os termos “microgestão” e “macrogestão” representa compreensão da empresa, da passagem da tarefa de administrar de vários serviços individualmente para a administração de lotes de serviços.

A implantação da macrogestão também foi enfatizada favoravelmente pelo engenheiro de obra, sendo que esse reconheceu que mesmo se não tivesse obtido ganho [*aumento*] de produtividade, o ganho administrativo [*facilidade*] obtido foi muito grande.

Na seqüência, definiram-se os quantitativos dos serviços e os índices de produtividade. Os quantitativos são extraídos do projeto executivo em suas unidades apropriadas como alvenaria em m² e assentamento de contra-marco em unidade assentada.

Várias empresas, por desconhecerem seus índices ou por não terem este registro realizado de forma sistemática, utilizam como referência os índices de produtividades encontrados em publicações especializadas como, por exemplo, a TCPO – Tabela de Composições de Preço para Orçamento (2003). No entanto, sugere-se que as empresas interessadas em aumentar sua competitividade utilizem os índices coletados em suas obras, pois retratam melhor sua realidade.

Conforme declarou o engenheiro de obra, inicialmente para definir os índices de produtividade para a definição dos pacotes de serviços, a empresa consultou as referências disponíveis na literatura e na seqüência verificaram as produtividades dos serviços nas obras. Constataram que os índices de produtividade encontrados nas obras eram muito baixos quando comparados com a literatura, sendo que estes, em geral, são considerados índices conservadores. No entanto, a empresa optou por utilizar os seus próprios índices, aferidos por meio da experiência dos profissionais, por entender que eles retratavam melhor a sua realidade, mesmo

tendo ciência de que o levantamento destes índices não teve nenhum rigor científico.

A literatura apresenta os índices de produtividade como o resultado da relação entre uma unidade de serviço por uma quantidade de tempo, sendo que essa unidade de tempo utilizada é a hora. No entanto, consonante com a intenção de eliminar a gestão de pequenas unidades de serviços, a empresa fez uma modificação sutil na definição nos índices de produtividade, adotando o dia como unidade de tempo.

Depois de definidos os serviços contidos nos lote de produção e seus respectivos quantitativos de materiais e seus índices de produtividade, é possível dimensionar a equipe de trabalho em função das datas de início e de término (prazo para execução) de cada ciclo (pavimento) (Figura 4.1).



Figura 4.1 Montagem de lote de produção

O dimensionamento do número de operários de cada equipe torna-se importante, pois determinará o ritmo de produção dos lotes. Esse ritmo possibilitará compatibilizar as equipes dos demais lotes de forma que não haja conflito entre essas.

Tanto o diretor técnico quanto o engenheiro de obras compreendem que o lote é um conjunto de serviços correlatos cujo agrupamento facilitou o gerenciamento e controle desses serviços, tornando-se mais fáceis de serem administrados. Ambos entrevistados definiram o pavimento como sendo o lote ideal, ou seja, todos os serviços de determinado lote deveriam estar limitados em um pavimento. Demais locais como subsolo, térreo, cobertura, recebem tratamento

diferenciado na definição dos lotes por não apresentarem significativo número de serviços repetitivos. Com base na definição dos serviços coletados, do levantamento dos quantitativos, dos índices de produtividades e do estabelecimento da equipe de trabalho foi possível calcular a prazo de execução (Quadro 4.4).

Definição célula de produção – Alvenaria de periferia			
Descrição dos serviços	Quantidade de serviços (pav.)	Unidade	Tempo de processo para 4 pedreiros e 2 serventes (dias)
Marcação da Alvenaria	41,29	m ²	0,74
1a. Elevação da alvenaria	229,55	m ²	3,38
2a. Elevação da alvenaria	184,05	m ²	2,71
Caixas passagem rede elétrica em áreas secas	100,00	Pt.	1,56
Alvenaria da escada	62,96	m ²	0,93
Alvenaria poço do elevador	19,00	m ²	0,56
Saiotes de wc	17,50	m ²	1,12
Amostragem de piso	435,28	m ²	0,49
Amostragem de parede	508,35	m ²	1,27
Contra marco	48,00	Und.	1,50
Contra marco porta corta fogo	2,00	Und.	0,10
Cimentado polido do abrigo “air split”	5,18	m ²	0,03
Regularização abrigo “air split”	6,80	m ²	0,02
Regularização de piso de wc	37,38	m ²	0,12
Regularização de piso da varanda	10,05	m ²	0,03
Tempo total necessário (dias úteis)			14,56
Tempo total adotado (dias úteis)			15,00

Quadro 4.4 Definição de um lote de produção

Fonte: Romano *et al.* (2005).

Dependendo do prazo disponível para a conclusão do empreendimento, é possível, dentro de determinadas condições, executar os serviços em paralelo ou em série.

No caso dos serviços por pavimentos serem executados em série, ou seja, uma equipe de produção pode executar obra bruta, alvenaria, chapisco, reboco, regularização, contra-marco, embutimento de tubulações etc., no sentido ascendente dos pavimentos. Em seguida, esta mesma equipe pode executar o revestimento da fachada (chapisco, reboco, pintura ou revestimento cerâmico etc.) no sentido descendente. Na seqüência, novamente no sentido ascendente, parte executando o revestimento interno como, azulejo, pintura etc. Neste caso que os lotes são executados pela mesma equipe de produção propiciando a polivalência da mão-de-obra.

A mesma equipe de trabalho dará continuidade ao processo de produção executando a próxima seqüência de lotes, ou seja, o mesmo operário ou a mesma equipe, tendo o conhecimento de que irá executar a próxima seqüência, contida no próximo lote, preocupar-se-á em manter um determinado nível de qualidade. A mesma equipe que deixa o vão na alvenaria para o assentamento do caixilho, será a mesma que irá fixar o contra marco e será a mesma que fará o revestimento para pintura ou revestimento cerâmico. Com isto, observou-se como é possível diminuir o retrabalho, diminuir a rotatividade da mão-de-obra, conseqüentemente aumentando a produtividade.

Atualmente há maior interesse em transformar cada obra em uma unidade jurídica independente. Como conseqüência dessa situação, ao término de cada obra todos os operários são demitidos e, se houver disponibilidade e interesse de ambas as partes, estes operários serão recontratados para a próxima obra.

Conforme declarou o diretor técnico, um indício da diminuição da rotatividade da mão-de-obra pode ser verificado por meio do somatório dos valores das rescisões contratuais pagos aos operários demitidos no transcorrer da obra. Quanto aos valores pagos individualmente aumentaram indica que houve uma diminuição da rotatividade, pois o operário manteve-se por mais tempo na empresa. No entanto, neste caso, o somatório dos valores pagos em todas as rescisões há a tendência de ser menor. Exemplificando, o somatório dos valores pago para quatro operários que trabalharam seqüencialmente durante seis meses cada um é maior quando comparado com o valor pago para um operário que trabalhou durante dois anos.

Forma de remuneração dos operários

A medição da produção tem o objetivo de levantar informação para aferir a remuneração dos operários. É um processo que não agrega valor ao produto final e muitas vezes envolvem, além dos próprios operários, uma série de profissionais da área administrativa, como engenheiro de obras, mestre-de-obra, apontador e estagiário, podendo tornar-se, dependendo das condições da obra, um processo confuso e lento (FERRAZ *et al.*, 2005).

A modalidade clássica de contratação e remuneração dos operários é por meio do pagamento de hora trabalhada (além dos demais benefícios, como descanso semanal remunerado, feriados, 13º salário, férias etc.). Nessa modalidade, o operário praticamente não tem compromisso ou mesmo interesse no aumento do ritmo de produção, pois sua remuneração independe do seu esforço.

Conforme declarou o diretor técnico da empresa, a forma de recompensar um profissional com base no seu volume de trabalho e sua qualificação mostra-se mais eficiente e justa. No entanto, esta forma de remuneração com base na quantidade de trabalho executado não é tão simples de administrar, pois as unidades tendem a ser pequenas como, por exemplo, m, m², unidade, exigindo uma equipe de apropriadores de maneira a aferir corretamente os serviços do mês em referência, tomando-se o cuidado de não medir os serviços referentes aos meses anteriores. Esta forma de remuneração é conhecida como Remuneração por Preço Unitário. O Quadro 4.5 ilustra uma planilha desta forma de medição.

Descrição dos serviços	Un.	Preço unitário	Período atual		Acumulado anterior		Acumulado	
			Quant	R\$	Quant	R\$	Quant	R\$
Alvenaria	m ²							
Chapisco	m ²							
Reboco	m ²							
Total								

Quadro 4.5 Planilha de medição para modalidade de contrato por Preço Unitário

A opção para a execução dos serviços dentro de lote facilita esse processo de medição, pois o levantamento para a remuneração desta maneira permite que ocorra em uma

unidade muito maior de aferição, que é o pavimento. Ou seja, os serviços em um lote devem estar contidos dentro do pavimento. Com isso, a aferição da produção torna-se bem mais simples, pois se passa a medir a quantidade de serviços concluída dentro de cada pavimento concluído.

Como cada lote tem os seus serviços definidos e a duração total para sua execução, optou-se por remunerar os operários por dia trabalhado naquele lote. Criou-se uma moeda interna que recebeu a denominação de *lean* que equivale a um dia trabalhado no lote. As cédulas *lean* são divididas em várias cores, cada uma com um valor, e sendo de uso específico para uma categoria de profissional. Por exemplo, as cédulas vermelhas são usadas para os pedreiros de alvenaria, as brancas para os gesseiros, cinza para o contrapiso e assim por diante (Figura 4.2).

O valor financeiro de cada *lean* é calculado com base no piso salarial de cada função dividido por 22 (número médio de dias úteis no mês).

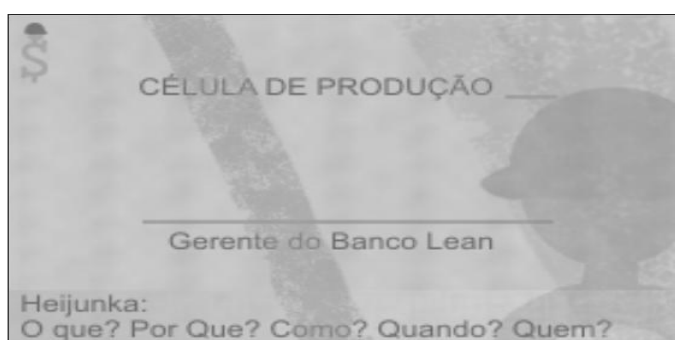


Figura 4.2 Célula para remuneração da produção

Fonte: Empresa

Desta forma, a remuneração dos operários dá-se por um *lean* para cada dia de trabalho, até o limite máximo referente à duração total daquele lote. Por exemplo, se a previsão indica uma duração de 15 dias para execução de um determinado lote naquele pavimento, ao final cada operário receberá 15 *leans*. No entanto, caso a equipe de produção conclua esse lote em 12 dias, a equipe passará a executar o próximo lote, recebendo os 15 *leans*. Mas, se concluir após o prazo de 15 dias, não poderá iniciar o próximo lote e receberá os mesmos 15 *leans*. Com isto, se tem o binômio: recompensa – punição, apresentado de forma clara.

Empresas da construção civil utilizam forma semelhante de remuneração da mão-de-obra que tem a denominação de “tarefa”. No entanto, em geral, essas tarefas são serviços

limitados e sem o caráter de repetitividade que tem os serviços por lote.

Ao término de cada dia é entregue o *lean* correspondente para cada operário. A remuneração mensal obtinha-se da simples operação de soma dos *leans* conseguidos. Atualmente, a empresa estuda a substituição da moeda *lean* em papel por um sistema eletrônico por meio da digital de cada operário.

Conforme declarou o engenheiro de obra, os índices de produtividade e a conseqüente duração do lote não são reavaliados numa mesma obra para que não ocorra a quebra de confiança na equipe de operários nesta forma de administrar a produção. Neste caso, a empresa sinaliza que não fará redução da duração dos lotes no decorrer da obra. No entanto, esses valores podem ser avaliados para a aplicação num próximo empreendimento.

Forma de controle

Para verificar o término dos serviços de cada lote criou-se a figura do *check-lean*. Essa função foi atribuída a um pedreiro experiente, e lhe foi delegada a responsabilidade de fazer as verificações dos lotes de produção. A execução dos serviços dentro de lotes no qual, dentre outras coisas, transfere-se para os operários a responsabilidade de auto-gerenciamento e a criação da figura *check-lean*, proporcionaram a eliminação da figura do mestre-de-obras.

A produtividade das equipes de produção pode ser avaliada diariamente por meio de uma planilha eletrônica em Excel, que resulta no Índice de Desempenho de Produtividade (INDP), sendo que esse é o título utilizado na empresa. A maneira de calcular o INDP é semelhante à planilha de medição de serviços por preço global. Nesse tipo de planilha os serviços são medidos por meio de porcentagem e não por meio do levantamento de quantitativos. Nesse caso, o somatório de todas as medições resultará em 100%, finalizando o serviço. A ponderação de cada serviço é realizada por sua duração, ou seja, serviços que têm maior duração “valem” mais. O Quadro 4.6 mostra uma planilha para cálculo do INDP

Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	% concluída	08 Jul 08	06 Jul 08
0	Projeto2	8 dias	01 Jul	08 Jul	9%		
1							
2	✓ Marcação da alvenaria	1 dia	01 Jul	01 Jul	100%		
3	1 a. Elevação da alvenaria	4 dias	02 Jul	05 Jul	0%		
4	2 a. Elevação da alvenaria	3 dias	06 Jul	08 Jul	0%		
5	Caixas de passagem	2 dias	06 Jul	07 Jul	0%		
6	Alvenaria da escada	1 dia	06 Jul	06 Jul	0%		

Quadro 4.6 Índice de Desempenho de Produtividade - INDP

Nesse exemplo simples, o prazo disponível para a execução desse lote de serviço é de 8 dias. Nisto resulta em uma média de serviços que deverá ser feita de 12,5% ao dia (1/8).

No entanto, o somatório das durações dos serviços é de 11 dias, pois há vários serviços que serão executados em paralelo.

No primeiro dia, o único serviço possível de ser executado é Marcação da alvenaria e esse se refere a 9% ou seja, 1/11, ficando abaixo da média necessária. Nos demais dias a equipe de produção deverá obter resultados melhores que a média para compensar os dias que ficaram abaixo. Daí a necessidade de se efetuar uma avaliação diária.

Atitudes que facilitaram a implantação Construção Enxuta

Conforme informou o engenheiro de obras, a implantação da ferramenta 5S em um canteiro de obras foi muito bem recebida, pois os resultados iniciais podem ser fáceis e rapidamente observados. Essa ferramenta tem por objetivo básico melhorar a organização e a limpeza das obras, com isto pode ser considerado importante elemento de integração entre os operários, promovendo a participação de todos, além de promover a mudança comportamental com relação aos desperdícios.

No entanto, apesar dos resultados iniciais, sua aplicação exige dedicação e persistência, conforme salienta o cartaz da empresa (Figura 4.3), pois, para se obter a melhoria da qualidade e o aumento da produtividade, deve-se iniciar com a mudança de hábitos de todos os operários, criando a cultura organizacional de limpeza, asseio e ordem do local de trabalho.



Figura 4.3 Cartaz 5S

Fonte: Fornecido pela Empresa

A aplicação de cartazes sinalizadores facilitou o fluxo de pessoas, equipamento e materiais.

Intensificou-se a comunicação interna por meio da adoção de rádios comunicadores pelas equipes de produção. Além de sua utilidade e agilidade para solicitar material, servem também para pedir e receber informações acerca do projeto executivo ou, ainda, convocar a presença do engenheiro de obra. Este sistema de comunicação coloca as equipes de produção em contato direto com o engenheiro de obra, que aliado com a criação do *check-lean*, colaborou para a eliminação da figura do mestre-de-obras.

Foi batizado de “autônômico” em alusão a automação (um dos pilares do Sistema Toyota de Produção). Embora as características de um e de outro sejam muito diferentes, conforme já apresentado no item 2.3.1.1, automação é a transferência do sentido da inteligência humana para equipamentos automatizados de modo permitir que as máquinas detectem a produção de uma peça defeituosa, suspendendo seu funcionamento e solicitando ajuda. Neste caso, autônômico é um sistema de comunicação por rádio.

O envio da argamassa é controlado pelo operador de betoneira. Por meio do rádio comunicador no pavimento, o encarregado solicita a argamassa para o betoneiro, que controla a central de argamassas e esse é responsável pelo nivelamento da produção. O envio da argamassa

segue a seguinte lógica "Quem pede primeiro, recebe primeiro", semelhante ao formato de administração de materiais conhecido por PEPS – o Primeiro a Entrar será o Primeiro a Sair.

Segundo informou o engenheiro de obras, essa maneira de gestão desses materiais ajudou a aumentar a produtividade dos pedreiros, reduzindo-se consideravelmente o tempo de espera pela argamassa, pois anteriormente a solicitação de material partia das equipes de produção e era encaminhada ao mestre-de-obra e esse anotava em um pequeno caderno e em seguida encaminhava pessoalmente para a central de argamassa. Esse procedimento ocorria várias vezes ao dia, sendo que o mestre-de-obra tinha que percorrer todos os pavimentos auxiliando no levantamento dos quantitativos. A justificativa para agir dessa maneira era que o mestre-de-obra tinha que avaliar as solicitações de materiais. Dessa forma, com a auto-gestão, a responsabilidade passou para as equipes de produção.

A argamassa é um material que necessita de programação horária, pois a mesma deve ser processada na usina momentos antes de sua utilização. No entanto, conforme declarou o engenheiro de obras, outros tipos de materiais que não necessitam de processamento podem ser armazenados próximos ao local de aplicação. Por exemplo, no caso dos blocos de vedação, a empresa mantém estoque suficiente para seis pavimentos, que ficam armazenados da seguinte maneira: no térreo ficam armazenados os blocos de vedação suficientes para três pavimentos e em mais três pavimentos material suficiente para cada um deles. Estes blocos armazenados no térreo, dependendo da ociosidade do guincho e de mão-de-obra disponível são também encaminhados para os pavimentos. A lógica é manter os materiais estocados o mais próximo possível do local de aplicação. A Figura 4.4 mostra o planejamento da produção, prevendo a entrega do material no local de aplicação, antecipando-se ao deslocamento da equipe de produção.

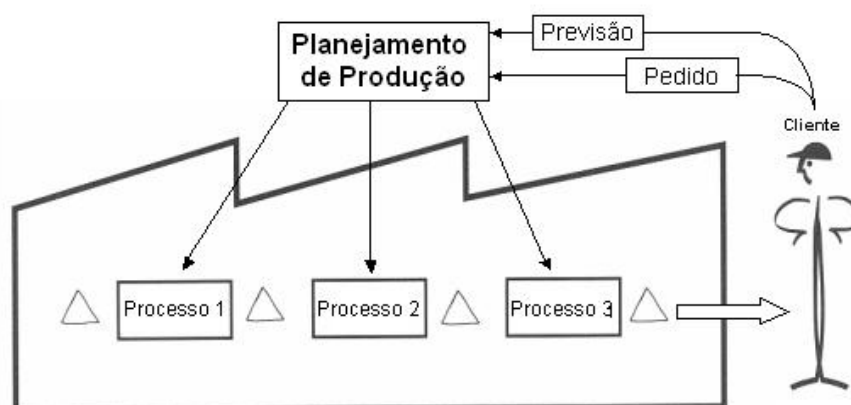


Figura 4.4 Planejamento da produção com antecipação da entrega de material

Fonte: Lean Institute Brasil

Desta forma, os materiais são distribuídos nos locais de trabalho antes da equipe chegar até ele. Assim, a equipe de produção responsável pela alvenaria, ao se deslocar para um próximo pavimento, deverá encontrar todos os blocos, vergas e contravergas a serem utilizados. Os materiais são armazenados nos pavimentos, respeitando: facilidade no acesso aos materiais, proximidade dos materiais ao seu local de aplicação e liberdade de deslocamentos dos operários. Assim todas as equipes de produção possuem um mapa com a localização dos materiais no local de trabalho.

Este procedimento de abastecimento dos pavimentos com material antes da chegada das equipes de produção pode ser entendido como produção puxada, no qual se criam as condições necessárias para se manter o fluxo contínuo.

4.2.2 Análise da Construtora de edifícios residenciais

O Quadro 4.7 retrata o nível de implantação dos onze princípios propostos por Koskela (1992) na empresa Construtora de edifícios residenciais.

Princípios da Construção Enxuta	Nível de aplicação
Reduzir a parte das atividades que não agregam valor;	<input type="radio"/>
Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes;	<input type="radio"/>
Reduzir a variabilidade;	<input checked="" type="radio"/>
Reduzir o tempo de ciclo;	<input type="radio"/>
Simplificar por meio da redução do número de etapas;	<input checked="" type="radio"/>
Aumentar a flexibilidade de saída;	<input checked="" type="radio"/>
Aumentar a transparência do processo;	<input type="radio"/>
Focar o controle no processo global;	<input checked="" type="radio"/>
Introduzir melhoria contínua no processo;	<input checked="" type="radio"/>
Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões; e	<input checked="" type="radio"/>
Benchmarking.	<input checked="" type="radio"/>

Quadro 4.7 Nível de aplicação dos onze princípios na Construtora de edifícios residenciais

Legenda

- Atende**
- Atende parcialmente**
- Não atende**

De acordo com a Quadro 4.7, destes princípios quatro são atendidos plenamente, seis são atendidos parcialmente e apenas um não é contemplado nesta empresa. Observa-se que dos princípios que obtiveram “atende” todos têm forte impacto nos agentes do processo produtivo.

Conforme declarou o Diretor da empresa o objetivo é o de encurtar ao máximo o tempo de execução dos empreendimentos para que a venda dos imóveis ocorra o mais rápido possível.

Análise dos quatro princípios que obtiveram atribuição “atende” da empresa Construtora de edifícios residenciais.

- Reduzir a parcela das atividades que não agregam valor. Esse princípio atende, pois os procedimentos como, por exemplo, encaminhar e estocar o material até o local do ponto de aplicação, utilizando-se de paletes e transpaletes diminuindo ou eliminando os estoques intermediários, além de diminuir os serviços de descarga manual.
- Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes. Decisões de agrupar vários serviços correlatos em lotes promoveu maior integração entre os funcionários (clientes internos), possibilitando aumento da remuneração e favorecendo a polivalência. O cliente externo ou cliente final é contemplado principalmente no final da execução, no momento de decidir sobre os vários tipos de acabamento.
- Reduzir o tempo de ciclo. A criação de lotes modificou a forma de gerenciamento da obra, transferindo parte da responsabilidade para os operários, promovendo a auto-gestão. Essa forma de gerenciamento, aliada às outras atitudes como diminuição do estoques intermediários, reduziram de maneira geral os ciclos de produção.
- Aumentar a transparência do processo. Com a aplicação de ferramentas como 5S que promove, dentre outras coisas, a arrumação do canteiro de obras, além da utilização de controles visuais que facilita a observação dos processos.

Análise dos seis princípios que obtiveram atribuição “atende parcialmente” da empresa Construtora de edifícios residenciais.

- Reduzir a variabilidade. Atuou na diminuição da variabilidade do processo de produção,

no entanto, não agiu de maneira significativa em outros tipos de variabilidade como, por exemplo, variabilidade da demanda do mercado.

- Aumentar a flexibilidade de saída. A flexibilidade de alteração do projeto, de maneira geral, está restrita a modificações no tipo de acabamento.
- Focar o controle no processo completo. A empresa focou a aplicação da Construção Enxuta principalmente no processo de produção com vistas no atendimento do cliente final; no entanto, não foi observada, nessa pesquisa, a atuação nos fornecedores de materiais.
- Simplificar por meio da redução do número de etapas; Introduzir melhoria contínua no processo; Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões. Nota-se esforço em diminuir o desperdício, por exemplo, de tempo e de consumo de mão-de-obra como com a diminuição de estoques intermediários.

Análise do princípio que obteve atribuição “não atende” da empresa Construtora de edifícios residenciais.

- *Benchmarking*. Não foi identificada nenhuma atitude sistematizada que comprovasse as práticas de observar, analisar, adaptar e implementar as boas práticas construtivas, mesmo dentro da própria empresa ou de outra empresa.

A seguir apresentam-se os principais indicadores que a empresa Construtora de edifícios residenciais manteve após a implantação da Construção Enxuta e ainda os indicadores que tiveram a necessidade de serem criados ou adotados e os que foram eliminados ou que perderam a importância de serem verificados (Quadro 4.8).

Principais Indicadores	
Mantidos em uso	Retorno sobre investimento (capital investido sobre capital retornado); Margem de lucro (capital retornado menos capital investido); Fluxo de caixa - Análise da Taxa Interna de Retorno (TIR); Custo por metro quadrado construído (R\$/m ²); Quantidade horas homens por m ² construído; Desvio do prazo da obra (relação entre o prazo planejado e o prazo efetivo).
Adotados	Custo por lote de serviço (Orçado – Gasto); Lotes de serviços concluídos (Planejado – Executado); Índice de Desempenho de Produtividade (INDP); Percentual de operários treinados; Número de solicitação atendidas dentro do prazo no sistema de comunicação denominado “autônomo”.
Perderam a relevância	Indicadores individuais de produtividades, como por exemplo, horas homens por unidade de serviço: hh/m ² .

Quadro 4.8 Principais indicadores da Construtora de edifícios residenciais

Nota-se a permanência dos indicadores que retratam as especificidades dos empreendimentos que essa construtora produz. Em geral, iniciam os empreendimentos utilizando-se de recursos próprios e os imóveis (apartamentos no caso de edifícios de múltiplos pavimentos) são vendidos ao longo da execução da obra e os remanescentes desses após o início da ocupação. Ou seja, a empresa investe seu capital e o retorno se dá na medida em que os imóveis são vendidos. Daí a importância dos indicadores financeiros como retorno sobre investimento, margem de lucro e análise do fluxo de caixa.

Além disso, com a montagem dos lotes de serviços foram criados indicadores que avaliassem o processo de produção como o Índice de Desempenho de Produtividade (INDP) que avalia o desempenho diário das equipes de produção, indicando possíveis desconformidades com o prazo. O indicador Lote de serviço concluído é o resultado da totalidade do INDP. Nessa

empresa, os lotes de serviços concluídos são utilizados como forma de remuneração dos operários.

Nota-se, nesta empresa, que os indicadores individuais de produtividade perdem a importância no sentido de não serem mais referência para a remuneração dos operários, além de serem mais difíceis de serem aferidos e que demandavam uma equipe de apropriadores. No entanto, esses indicadores ainda são necessários quando são montados novos lotes de serviços em uma obra específica, sendo essas obras diferentes em vários aspectos como, por exemplo, área construída, tipos de materiais etc., existem vários fatores que influenciam a produtividade de um serviço.

Apesar de as vantagens apresentadas pela empresa no estabelecimento dos lotes de produção como, por exemplo, a auto-gestão das equipes de produção, ênfase na polivalência da mão-de-obra e diminuição do prazo de execução, a empresa encontra uma série de dificuldades as serem enfrentadas:

- Para estabelecer os lotes de produção para toda a obra, principalmente para serviços que não estão estanques nos pavimentos, como, por exemplo, para os serviços de instalação hidráulica e sanitária, instalação elétrica;
- Para estabelecer a duração dos lotes de produção para obras novas com características diferentes;
- Provável resistência dos operários para aceitarem a redução da duração dos lotes de produção e a conseqüente redução da remuneração. Por exemplo, um lote de produção com a duração de 15 dias e as equipes executam em média em 12 dias, no entanto recebem a remuneração referente aos 15 dias. Evidente que a empresa na próxima obra semelhante deverá adotar para esse lote de produção a duração de 12 dias. Os operários terão dificuldade para aceitarem essa redução.

Por meio da análise da documentação e das entrevistas observou-se que o conjunto de medição de desempenho não dificultou a aplicação dos princípios da Construção Enxuta nesta empresa. Verificando os principais indicadores que passaram a ser utilizados, nota-se que esses

buscam refletir essa nova conjuntura em que a empresa se encontra, principalmente em relação ao prazo, custo e qualidade. Além disso, os indicadores de produtividade por serviço único como, por exemplo, m² de alvenaria por hora homem (m²/Hh) perdem a relevância.

4.2.3 Construtora de obras industrial e institucional

Trata-se de uma empresa construtora de obras industriais, com sede localizada no interior do Estado de São Paulo, fundada em 1967, completando 40 anos em setembro de 2007. Iniciou suas atividades construindo residências de alto padrão; no entanto, atualmente executa obras industriais, comerciais e colégios. No momento desta pesquisa a empresa conta com 250 funcionários e aproximadamente 100 funcionários terceirizados.

Possui o certificado ISO 9001:2000 e o atestado nível A do PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do *Habitat*), sendo considerada a primeira construtora no Brasil a obter essas duas certificações.

Suas principais obras são: fábrica para celulose e papel, fábrica para produtos alimentícios, centro educacional, ginásio poliesportivo, hospital. Essas obras, embora tenham finalidades diferentes de utilização, possuem algumas características semelhantes:

- Obras inéditas que significam que são diferentes de todas as outras obras, em termos de escopo, localização, especificação dos materiais, leiaute, dificuldades de execução;
- Não possuem significativas atividades repetitivas como as encontradas, por exemplo, nos edifícios de múltiplos pavimentos, ou seja, atividades com mesma quantidade de serviço, mesmo grau de dificuldade para a execução, mesmos materiais, mesmo processo construtivo;
- Importante apelo comercial, pois desde o início da execução até sua conclusão o fluxo de caixa mostra-se em desequilíbrio em que se verifica a aplicação de recursos (investimento) e a praticamente inexistência de retorno. O tempo para início da acumulação do lucro líquido somente acontecerá após a conclusão da obra, quando a unidade fabril ou

comercial estiver em operação, ou seja, quanto menor o tempo para o início de operação menor será o tempo de recuperação do investimento inicial (*Pay back*)¹¹. Estas condições de máximo interesse para a conclusão; geram, durante a execução da obra, serviços com pouca ou nenhuma folga entre elas;

- Forte interferência com outros fornecedores, principalmente quanto as datas de entrega de equipamentos pesados que necessitem chegar na obra no momento exato, pois qualquer atraso desse tipo acarretará em atraso no prazo final. Este tipo de fornecedor interfere de maneira significativa no planejamento;
- Tendência de o cliente optar pela contratação de uma empresa gerenciadora de projetos, para a execução do empreendimento. Essa gerenciadora atuará como mediadora dos conflitos, solucionando os impasses, proporcionando a elevação no grau de confiança no relacionamento dos vários agentes envolvidos no processo construtivo, resultando na redução dos riscos de aumento de custos e prazos. A empresa gerenciadora de projetos elabora um plano mestre (*master plan*), com as principais etapas com datas de início e término. A empresa construtora deve balizar seu cronograma nos dados desse plano mestre.
- Envolvimento significativo do setor de planejamento da empresa construtora para atender às necessidades do cliente, ocasionando o desenvolvimento do planejamento nos três níveis: estratégico, tático e operacional, respectivamente: planejamento de longo prazo (*master plan*), de médio prazo (*lookhead*) e de curto prazo (*last planner*);
- Predominância da modalidade de contrato por Preço Global no qual se contrata a execução da obra ou do serviço por preço certo e total. A empresa é a responsável pelo levantamento dos quantitativos dos materiais e de seus respectivos preços unitários. O valor total do contrato só será alterado se houver alguma modificação nos projetos ou das condições inicialmente estabelecidas para execução da obra. As medições para remuneração são feitas em porcentagem de cada etapa de serviços. É comum nos contratos

¹¹ *Pay Back* é o tempo entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento

de empreitada por preço global a exigência da especificação de preços unitários, tendo em vista a obrigação da empresa contratada de aceitar acréscimos ou supressões dos serviços dentro dos limites legais. O resultado financeiro é a combinação de ações de gerenciamento de recursos (material, mão-de-obra, equipamentos etc.), antecipação na solução de situações de conflitos, análise de riscos e tomada de decisão adequada etc.

As entrevistas foram realizadas com o diretor da empresa que tem formação em arquitetura, com o coordenador de obra que tem formação em engenharia civil e com o engenheiro de planejamento também com formação em engenharia civil.

Implantação da Construção Enxuta

As atividades de implementação da Construção Enxuta foram iniciadas em uma obra de ampliação de um centro cultural na cidade de Campinas interior do Estado de São Paulo em 1997. Ela foi considerada uma obra-piloto, inicialmente programada para ser executada em 18 meses, possuindo 4000 m² de área construída, dividida em dois auditórios, três bibliotecas, estúdio fotográfico, estúdio de gravação, salas de músicas, dentre outras instalações. Foi considerada uma obra complexa por interagir com a fachada do centro cultural, sendo esta tombada pelo patrimônio histórico e cultural da cidade. Este trabalho de implantação da Construção Enxuta realizou-se com o auxílio de um consultor (CONCEIÇÃO, 1998).

Conforme declarou o Diretor da empresa a implantação da Construção Enxuta nessa obra foi uma das primeiras iniciativas ocorridas no Brasil. A orientação apresentada pelo consultor era a identificação e eliminação de atividades que não agregassem valor. Além disso, procurou-se manter o fluxo contínuo de produção, reduzindo a segmentação dos serviços, por meio na eliminação de mão-de-obra ociosa. Nesse intento, o mestre-de-obra teve papel fundamental, rearranjando e relocando as equipes de produção, otimizando os serviços dos serventes e dos pedreiros de maneira que os serviços fossem executados praticamente sem interrupção.

Para o desenvolvimento desta obra, o foco dos trabalhos foi o planejamento, com aplicação do *lookahead* (médio prazo) e a plano diário (*last planner*). O conjunto dessas atitudes

obteve os seguintes resultados (CONCEIÇÃO, 1998):

- Antecipação em mais de um mês a data de término da obra, ou seja, redução de 5,5% no prazo;
- Redução em 42% no número de servente, sendo que as equipes de produção contavam inicialmente com 12 serventes, passando nessa obra para 7 serventes;
- Custo da alvenaria foi reduzido em 23%, quando há comparação entre o custo orçado e o custo realizado para esse serviço; e
- Resultado financeiro 22% acima do esperado, quando há comparação entre o custo orçado e o custo realizado.

O consultor dessa empresa relacionou algumas condições que denominou de fatores operacionais de diferenciação competitivos, que uma empresa da construção civil deve atender para que consiga sobreviver e ainda manter seu ritmo de crescimento ao longo do tempo (CONTE, 1998).

- A maneira pela qual transforma as necessidades de seus clientes em projetos executivos, que possam ser processados em canteiros de obra com a mínima chance de erros de interpretação, de erros de especificação, interferências não planejadas entre frentes de serviços, retrabalho e outros fatores;
- A forma pela qual identifica e processa as necessidades de cada processo produtivo, buscando não só garantir que esses processos sejam executados da mesma maneira ao longo do tempo, mas também que tenham seu desempenho operacional continuamente otimizado;
- A maneira pela qual desenvolve as relações com seus fornecedores, sejam esses de materiais, serviços ou equipamentos, na busca de melhores condições operacionais para ambos; e
- O modo como a empresa administra seus fatores de apoio logístico, viabilizando assim

condições para que todos os trabalhos planejados possam ser conduzidos de maneira uniforme.

Segundo o coordenador de obras, essas orientações serviram de base para o amadurecimento da empresa, denominando-as como uma “uma aula de profissionalismo”.

Após a implantação da Construção Enxuta

Conforme declarou o engenheiro de planejamento, para cada obra contratada elabora-se um cronograma de longo prazo, contendo as atividades-macro; neste caso o cliente informa as etapas e seus prazos para execução, além de possíveis interferências com outros fornecedores. Outras informações importantes são em relação as condições do canteiro de obras, como por exemplo, facilidade de acesso, interferência com vizinhos, proximidade de fornecimento de água, energia.

No cronograma são identificados as atividades críticas e os possíveis complicadores ou restrições como, por exemplo, a compra de uma cobertura em estrutura metálica que, em geral, necessita do desenvolvimento de projeto executivo, contratação de uma empresa especializada que envolve um desembolso financeiro, tempo para fabricação da estrutura até o início da montagem na obra. Com o objetivo de fornecer informações para elaboração desse cronograma, a empresa mantém um cadastro atualizado com os principais fornecedores de materiais. Mantém também um sistema de avaliação desses fornecedores em que são considerados quesitos como: pontualidades no prazo de entrega, conformidade com as especificações dos materiais, melhor preço.

Na seqüência, desmembra-se o cronograma de longo prazo e obtém-se o cronograma de médio prazo (*lookahead*), sendo este compatibilizado com os demais empreiteiros e fornecedores. Os engenheiros de obras recebem tanto um cronograma de longo prazo, quanto de médio prazo. Com estas informações e em conjunto os com demais funcionários – mestre-de-obras, encarregados etc., – elaboram um cronograma semanal (*last planner*).

O Coordenador de obras destacou a importância de se elaborar o cronograma semanal no próprio local de trabalho. Enfatizou a importância da participação das equipes de produção que realmente irão participar da execução dos serviços, pois além de obter as melhores

informações sobre as condições locais, dos materiais e equipamentos disponíveis, ainda existe um fator relevante que deve ser considerado: as equipes que participam da elaboração do cronograma, em geral, aumentam o comprometimento.

O engenheiro de planejamento recebe do engenheiro de obras ou do coordenador de obras informações referentes à evolução do desenvolvimento das atividades na obra. Este procede a avaliação indicando as atividades adiantadas ou atrasadas. Utiliza um software gerenciador de projetos para estas avaliações, possibilitando sua representação por meio de rede de precedência ou gráfico de Gantt.

As obras não possuem quadros de avisos, assim as decisões tomadas pela diretoria ou o fluxo de informações necessitam permear a empresa, partindo do escritório até a obra pelo engenheiro de obras, depois pelo mestre-de-obras, em seguida pelo líder, depois pelo encarregado e finalmente até os operários. As decisões operacionais partem do engenheiro de obras e seguem esse mesmo sentido.

Embora pratique a terceirização de alguns serviços, a política da empresa é de manter a mão-de-obra contratada diretamente pela empresa. Segundo declarou o Coordenador de obras, essa opção de mão-de-obra própria, dentre outros fatores, propicia o aumento da fidelidade e comprometimento dos operários com a empresa. A mão-de-obra é remunerada pelo piso salarial da categoria e a polivalência da mão-de-obra é estimulada; no entanto, segundo o Coordenador de obras, existe dificuldade cultural para aplicação efetiva dessa prática.

Com o intuito de facilitar a terceirização, a empresa mantém um cadastro atualizado dos fornecedores de serviços, com aplicação de pontuação. Essa pontuação pode ser aplicada pelo mestre-de-obras que mantém o maior contato com esses fornecedores ou pelo engenheiro de obras ou ainda pelo coordenador de obras. Essa pontuação própria da empresa possibilita efetuar a comparação entre esses fornecedores.

Mesmo quando acontece a terceirização de serviços como, por exemplo, carpintaria e alvenaria, faz-se opção pela modalidade de contrato por preço global. Dessa forma evita-se a necessidade de realizar medições periódicas com alto grau de precisão no local, facilitando a medição para remuneração. Além disso, ambas as empresas têm conhecimento da quantidade de serviços total antes de iniciá-lo e, por conseqüência, do exato valor que será desembolsado. Os serviços executados serão remunerados em porcentagem do valor total até a

sua conclusão, remunerando-se a totalidade do valor acordado.

A verificação dos serviços deve ser efetuada com base em uma lista de verificação (*checklist*) na qual são apontados os possíveis defeitos de execução bem como o prazo para o reparo. Esse documento será utilizado para substanciar a avaliação de fornecedores de serviços.

Segundo o Coordenador de obras, a empresa não adota a prática de agrupar os serviços em lotes, justificando essa posição pelas características de obras inéditas que significa de alguma maneira são diferentes de todas as outras obras. Além disso, essas obras não possuem significativas atividades repetitivas. Por essas mesmas especificidades, as equipes de produção têm dificuldades de manter o ritmo de produção.

Conforme declararam, tanto o Diretor da empresa quanto o Coordenador de obras, após a implementação das práticas da Construção Enxuta, o resultado obtido no longo prazo foi a modificação da cultura da empresa em relação às obras, destacando-se as seguintes condições:

- todo material a ser utilizado deve ser criteriosamente quantificado, adquiridos de fornecedores-parceiros, e quando na chegada da obra, ser estocado próximo do local de aplicação, sempre antes da chegada da equipe de produção. A empresa denomina essas ações de “material chega antes”;
- devem ser utilizados equipamentos e ferramentas apropriados, específicos para cada serviço;
- a mão-de-obra deve ser motivada e seus direitos básicos respeitados, como por exemplo, pagamento em dia, transporte até o local da obra e vice-versa com conforto e segurança, refeitório limpo e higiênico, além de facilidade de acesso a gerência etc.;
- o canteiro de obras deve ser analisado considerando os fluxos de material, operários e informação. Devendo ser analisado como uma fábrica que será montada; e
- aplicação de ferramentas de planejamento, principalmente as de planejamento de médio (cronograma detalhado) e de curto prazo (reuniões semanais).

4.2.4 Análise da Construtora de obras industrial e institucional

O Quadro 4.9 retrata nível de implantação dos onze princípios propostos por Koskela (1992) para a empresa Construtora de obras industrial e institucional.

Princípios da Construção Enxuta	Nível de aplicação
Reduzir a parte das atividades que não agregam valor;	●
Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes;	○
Reduzir a variabilidade;	●
Reduzir o tempo de ciclo;	●
Simplificar por meio da redução do número de etapas;	●
Aumentar a flexibilidade de saída;	○
Aumentar a transparência do processo;	●
Focar o controle no processo global;	●
Introduzir melhoria contínua no processo;	●
Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões; e	●
Benchmarking.	●

Quadro 4.9 Nível de aplicação dos onze princípios na Construtora de obras industrial e institucional

Legenda

Atende ○

Atende parcialmente ●

Não atende ●

Com a pontuação com dois princípios que “atende”, seis princípios que “atende parcialmente” e três princípios que “não atende”, essa empresa é, provavelmente, das empresas pesquisadas a que está mais distante dos princípios da Construção Enxuta.

Análise dos dois princípios que obtiveram atribuição “atende” da empresa Construtora de obras industrial e institucional

- Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes e Aumentar a flexibilidade de saída. Levando-se em consideração a dinâmica do desenvolvimento dos projetos e da maneira que é conduzida a execução das obras, que em todas as fases há intensa participação e interferência do cliente final (ou do seu representante legal), esses princípios são favorecidos por meio da aplicação de planejamento de longo, médio e curto prazo, e ainda com a prática de treinamento da mão-de-obra, com estímulo à polivalência. A empresa considera o pronto atendimento das necessidades dos clientes com um diferencial de competitividade.

Análise dos cinco princípios que obtiveram atribuição “atende parcialmente” da empresa Construtora de obras industrial e institucional

- Reduzir a parcela das atividades que não agregam valor; Aumentar a transparência do processo; Focar o controle no processo completo; Introduzir melhoria contínua no processo e Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões. Esses princípios são atendidos parcialmente, pois não foram encontradas ações consolidadas de, por exemplo, redução de desperdícios ou de promoção de melhoria contínua.
- Embora os princípios Reduzir a parcela das atividades que não agregam valor; Aumentar a transparência do processo; Focar o controle no processo completo; Introduzir melhoria contínua no processo; Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões; atribuídos como Atende parcialmente, e esses sejam de vital importância para uma organização, nesta empresa não se observou atitude devidamente estruturada para o atendimento destes princípios.
- Simplificar por meio da redução do número de etapas. Ações no sentido de promover a polivalência da mão-de-obra, além disso, a utilização de soluções tecnológicas que possibilitem a redução de etapas.

Análise dos três princípios que obtiveram atribuição “não atende” da empresa Construtora de obras industrial e institucional

- Reduzir a variabilidade, Reduzir o tempo de ciclo. Da própria característica das obras de serem inéditas, com forte influência do cliente e dos demais fornecedores, retratam a dificuldade da empresa nesses princípios.
- *Benchmarking*. Não foram identificados indícios das práticas deste princípio.

A seguir, serão apresentados os principais indicadores que a empresa Construtora de obras industrial e institucional manteve após a implantação da Construção Enxuta e ainda os indicadores que tiveram a necessidade de serem criados ou adotados e os que foram eliminados ou que perderam a importância de serem verificados (Quadro 4.10).

Principais Indicadores	
Mantidos em uso	Retorno sobre investimento (valor orçado sobre valor gasto); Margem de lucro (Valor orçado menos valor gasto); Quantidade de horas homens orçadas sobre quantidade de horas homens gastas; Valor orçado do material sobre valor gasto com material; e Relação entre o prazo previsto e o prazo efetivo no planejamento de longo.
Adotados	Relação entre o prazo previsto e o efetivo no planejamento de médio e curto prazo; Análise das restrições (variante do Índice de remoção de restrição); Avaliação de fornecedores de materiais; Avaliação de fornecedores de serviços; Percentual de operários treinados. Relação entre horas de treinamento e operários; e Custo Unitário Global (orçado – executado).
Perderam a relevância	Indicadores individuais de produtividades, como por exemplo, horas homens por unidade de serviço: hh/m ² .

Quadro 4.10 Principais indicadores da Construtora de obras industrial e institucional

A empresa presta os serviços com base em contrato de modalidade de preço global, ou seja, tem conhecimento do valor total que deverá receber por determinado serviço, e o

resultado financeiro será a diferença entre o recebimento e o gasto, daí a importância de se manter os indicadores retorno financeiro (valor orçado sobre valor gasto), análise do fluxo de caixa.

A aplicação da Construção Enxuta fomentou as idéias que todos os serviços estão repletos de atividades que não agregam valor e essas atividades devem ser identificadas e quando possível, ser diminuídas ou eliminadas. No entanto, a empresa não aplica essas idéias de forma estruturada.

Os principais indicadores criados foram os relativos ao planejamento de médio e curto prazo e também os que relacionam a empresa com os fornecedores de material e de serviços. A empresa mantém, de forma estruturada, a identificação e remoção de possíveis restrições para o desenvolvimento cronograma da obra, no entanto, não recebe a denominação índice de remoção de restrição, pois não é realizada avaliação do número de restrição listada e número de restrição solucionada.

Os índices de produtividade individual perderam sua importância, pois, por exemplo, no caso de um serviço de concretagem de uma viga, esse poderia ser subdividido em: dobra da ferragem (hh/kg), montagem do escoramento (hh/m²), corte das formas (hh/m²), montagem das formas (hh/m²) e montagem da ferragem (hh/kg), lançamento do concreto usinado (hh/m³), desescoramento (hh/m²) e desforma (hh/m²). Esses indicadores são substituídos por um único que contempla todos esses, que recebe a denominação de Custo Unitário Global, nesse caso hh/m³ de concreto, que engloba várias operações com várias funções de operários, como armador, carpinteiro, pedreiro e servente.

Analisando-se as entrevistas, observou-se que não houve sinais de objeções que sinalizassem inadequação entre o sistema de medição de desempenho e a aplicação dos princípios da Construção Enxuta.

Esta empresa adotou uma série de indicadores, principalmente aqueles que auxiliam na tomada de decisão da gerência. Além disso, vem abandonando a utilização dos indicadores de produtividades de serviço único, por compreender que esses apresentam índices muito variáveis, não conseguindo retratar com fidelidade a realidade de suas obras, geralmente com características distintas. Em substituição a esses indicadores vêm sendo adotados outros que caracterizam agrupamento de serviços.

4.2.5 Fabricante de pré-fabricados de concreto

A empresa fabricante de pré-fabricados de concreto foi criada em 1975. É o resultado da associação de empresários brasileiros da construção civil com uma empresa alemã fundada em 1834.

A empresa conta com duas unidades fabris, sendo a primeira localizada na Grande São Paulo, denominada de Fábrica 1 (Matriz) e a segunda localizada no interior do Estado de São Paulo, denominada de Fábrica 2 (Filial). Possui cerca de 630 funcionários, entre pessoal da administração, equipes de produção e equipes de montagem, e estão distribuídos da seguinte forma: 470 funcionários na Fábrica 1 e 160 funcionários na Fábrica 2.

A Fábrica 1 é responsável pela produção dos pilares e vigas, sejam armados ou protendidos, painéis alveolares protendidos de fachada, painéis maciços armados de fachada, escadas e componentes especiais e opera desde 1975. A Fábrica 2 é responsável pela produção de lajes alveolares protendidas e telhas “W” protendidas; esta unidade fabril iniciou suas atividades em 2004. Pelas características dos produtos da Fábrica 1, o sistema de produção é sob encomenda. Os produtos da Fábrica 2 têm a possibilidade de serem produzidos para estoque, no entanto, com o intuito de eliminar estoques na empresa e como neste momento o mercado consumidor encontra-se com grande demanda os produtos são fabricados sob encomenda.

As entrevistas foram realizadas com os seguintes funcionários: o primeiro entrevistado tem a função de coordenador de inovação (Fábrica 1) e tem formação em Arquitetura e Mestrado em habitação: planejamento e tecnologia; e o segundo entrevistado tem a função de engenheiro de fábrica (Fábrica 2) com formação em Engenharia de Produção.

Construção Enxuta na empresa

Segundo informou o coordenador de inovação, nos últimos anos, a empresa tem investido no aprimoramento de seus processos de gestão administrativa, sendo o mais recente a implantação dos princípios da Construção Enxuta. Sendo esta uma das únicas empresas brasileiras de pré-fabricados engajadas na adoção destas práticas. Para o desenvolvimento desse processo de implantação buscou apoio no Lean Institute Brasil, para a transmissão dessas práticas.

Inicialmente foram organizados *workshops* e tinham as seguintes metas:

- atingir a produção média de 4500 m³/mês;
- implantar as práticas da produção enxuta em todos os setores de produção e obras;
- melhorar a produtividade em 15% (em média) por meio da redução dos desperdícios; e
- transmitir para todos os funcionários a produção enxuta com uma cultura organizacional.

No entanto, anteriormente a esse processo de implantação, ao longo dos anos foram iniciadas várias medidas que tinham por objetivo tornar a empresa mais competitiva por meio de aumento da agilidade e da flexibilidade de se adaptar aos anseios específicos de cada arquiteto ou do cliente final. Estas medidas estão descritas, resumidamente, a seguir (CANOVA, 2005):

- obtenção da certificação ISO 9001:2000 em 2003;
- elaboração e publicação do Manual para padronização dos procedimentos de projetos: a partir de 1993, a empresa optou pela terceirização da elaboração dos seus projetos em escritórios especializados. No entanto, a adoção de diferentes critérios por parte dos calculistas destes escritórios especializados, por exemplo, o método de cálculo, forma de apresentação dos desenhos, detalhamento das peças etc., mostrou-se fator complicador nesse processo de terceirização criando um obstáculo à gestão destes projetos. A solução foi a padronização dos procedimentos de projetos. Da compilação desse material e o apoio institucional de empresas fornecedoras de cimento e aço, resultou na edição de um Manual editado pela Editora Pini em 2004;
- implantação da Ferramenta 5S, no início de 2003: o procedimento utilizado foi por meio de gincanas de *Seiri*, consistindo basicamente na identificação e separação dos elementos desnecessários à produção. Estas gincanas contaram com a participação de todos os níveis hierárquicos da empresa. Após a realização das gincanas, os funcionários de cada setor deram prosseguimento aos trabalhos de implementação das demais etapas do 5S - *Seiton*

(senso de arrumação), *Seiso* (senso de limpeza), *Seiketsu* (senso de saúde e higiene), *Shitsuke* (senso de autodisciplina);

- criação do Painel de Indicadores de Desempenho (PID): a empresa implantou um painel de indicadores de desempenho para monitoramento de indicadores estratégicos e táticos. O PID abrange todas as áreas da empresa e permite a todos os envolvidos, o acompanhamento mensal de indicadores como faturamento, perda de materiais, margem de venda, fidelidade de clientes, entre outros.

Conforme declarou o gerente de inovação, o Painel de Indicadores de Desempenho possuía uma série de indicadores representando os vários setores da empresa, era de fácil visualização e funcionava por meio de *Intranet*. Estes indicadores eram avaliados em reuniões setoriais mensais e a diretoria fazia uma avaliação trimestral de todos os setores. Os indicadores eram apresentados por um sistema ERP (Sistemas Integrados de Gestão Empresarial, do inglês *Enterprise Resource Planning*) e, no momento, este sistema se encontrava em processo de substituição, fazendo com que o PID não fosse utilizado até a implantação do novo sistema. Salientou ainda que a empresa ainda administra seus indicadores de produtividade por setor e destacou os seguintes:

- m^3 /mensal – índice absoluto, sendo o volume de concreto utilizado no período de um mês, em toda empresa;
- m^3 /setor – índice absoluto, sendo o volume de concreto por setor, utilizado no período de um mês;
- hh/m^3 – índice relativo, relação entre a quantidade horas-homem remuneradas (extraídas da folha de pagamento) e o volume de concreto, utilizado no período de um mês,
- perdas de aço – desdobra-se em um índice relativo (em %), relação entre a quantidade de aço disponibilizado para utilização e a quantidade de aço dimensionada no projeto estrutural e em um índice absoluto (em kg), subtração da quantidade de aço disponibilizado para utilização pela quantidade de aço dimensionada no projeto estrutural;
- perdas de concreto – desdobra em um índice relativo (em %), relação entre a quantidade

de concreto produzido nas usinas dosadoras e a quantidade dimensionada no projeto estrutural e em um índice absoluto (em m³), subtração da quantidade de concreto produzidos nas usinas dosadoras pela quantidade de concreto dimensionada no projeto estrutural.

No entanto, atualmente esses indicadores não estão mais consolidados em um único local e nem disponibilizados para todos os funcionários, embora a empresa reconheça a necessidade de voltar a fazê-lo. Além disso, estuda a viabilidade da colocação de um Painel Informativo na área administrativa com informações de todas as obras, com início, término, estado, faturamento, engenheiro da montagem etc..

Descrição do procedimento de negócio – do contrato à montagem

A partir da assinatura de um contrato, que consiste, basicamente, do fornecimento e montagem de elementos estruturais tais como pilares, vigas e lajes pré-fabricadas em concreto armado ou protendido, convoca-se a equipe responsável para fazer uma avaliação das condições contratuais, das características da obra, avaliando-se os itens do PMBok¹² (do inglês, *Project Management Body of Knowledge*). Esta avaliação refere-se, principalmente, ao escopo, prazo, custo etc. e inicia-se então uma série de etapas, contratação do calculista, recebimento dos projetos com o dimensionamento das peças, seqüência a produção dessas peças e transporte até o canteiro de obras e montagem. O engenheiro responsável pela montagem também participa desse processo de tomada de decisão.

Na primeira reunião com o cliente define-se o sentido de montagem da obra, tendo como parâmetros as necessidades do cliente, prazos, compatibilização desses prazos com demais fornecedores, principalmente os de equipamentos, pois geralmente os equipamentos pesados devem ser instalados simultaneamente com a montagem da estrutura da obra e ainda verifica-se disponibilidade técnica, por exemplo, característica do local e da região, condições de confronto com os vizinhos, acesso por rodovia. Desta reunião resulta a mais viável seqüência de montagem em termos de execução no menor prazo, melhor otimização na utilização do equipamento de montagem, menor interferência com os demais fornecedores etc.

¹² Conjunto de práticas em gerência de projetos levantado pelo Project Management Institute (PMI). Maiores detalhes em: <http://www.pmisp.org.br/>

Em seguida, elabora-se uma programação com os projetos dos elementos estruturais para que a fabricação possa ocorrer respeitando-se as necessidades estabelecidas pela obra. Faz-se uma trajetória para toda obra, depois se faz uma divisão em pequenos grupos e nestes grupos em lotes da seqüência de montagem das peças.

Esta programação possibilita que a montagem da estrutura ocorra no menor tempo possível. No entanto, a programação exige a necessidade de se produzir simultaneamente os diversos tipos de elementos estruturais como pilares, vigas, lajes e telhas. Embora, conforme salientou o gerente de inovação, esta seqüência pareça ser a mais adequada, pois além do cliente ser mais bem atendido, também otimiza os equipamentos de montagem. No entanto, esta seqüência ainda encontra resistência pelo pessoal da fábrica, que não entendem que a melhor programação da obra nem sempre é a melhor para a fábrica, pois para esta, a melhor forma seria a produção por porções de um mesmo elemento, ou seja, fabricar todos os pilares para em seguida fabricar todas as vigas, assim, sucessivamente.

Destaca-se que este tipo de programação na qual a obra estabelece a seqüência mais adequada e encaminha para a fábrica caracteriza-se como produção puxada, na qual as atividades fluxo abaixo avisam às atividades fluxo acima sobre suas necessidades. A obra, ao estabelecer a seqüência da montagem dos elementos estruturais, puxa a produção da fábrica, ou seja, essa tem que produzir e encaminhar adequadamente os elementos estruturais no momento exato da montagem, eliminando-se, praticamente, todo estoque na fábrica, além de evitar a ocorrência de superprodução. Impede-se também que, na obra, os elementos fiquem estocados aguardando o momento correto de serem montados, com a agravante do equipamento de montagem ficar parado aguardando a chegada da peça correta.

Além disso, com o intuito de atender esta maior flexibilização da produção, adotou-se um quadro de visualização da produção que monitora as concretagens em vários locais e horários distintos, possibilitando anotar possíveis interferências no fluxo da produção. Essas ocorrências de anormalidades deverão ser analisadas para identificação das causas e propostas de solução para evitar que as mesmas sejam recorrentes. A Figura 4.5 representa o Quadro de visualização utilizado por esta empresa.

Figura 4.5 shows two visual control boards. The left board is a general grid with handwritten notes at the top: 'OBS: NERVURA DA USEC = Dm 03:30 à 03:35', 'NÃO FOI POSSÍVEL FAZER A LATE POR CAUSA DA CHUVA - AS NERVURAS TERÃO DIMENSIONADAS DE ACORDO COM O PROJETO', and 'Plano de obra'. The right board is a close-up of a section titled 'PROGRAMA DO CONCRETO' with the following entries:

Local	Descrição	Horário
in form	concretação	Dm 21:20 à 22:50 km
Pista 2	concretação	Dm 23:05 à 02:30 km
Pista 2	concretação	Dm 02:35 à 04:40 km
in form	concretação	Dm 21:50 à 23:50 km
Pista 1	concretação	Dm 23:30 à 04:00 km
in form	concretação	Dm 04:45 à 05:15 km
in form	concretação	Dm 02:30 à 03:30 km

Figura 4.5 Controle visual Diário (Geral e ampliado)

Fonte: Autor

Segundo o gerente de inovação, este formato de gerenciar a produção no qual a obra “puxa” a produção da fábrica foi aplicado pela primeira vez em 2005, em uma obra com terreno de aproximadamente 1 milhão m² e com 240 mil m² de área construída, e os resultados formam favoráveis.

Apesar dos resultados obtidos, a empresa ainda enfrenta um desafio, que consiste em otimizar o retorno do projeto do escritório de cálculo para conseguir estabelecer e atender a melhor seqüência de montagem das peças em obra. Este cálculo estrutural é feito por partes e representado em desenho e depois enviado para a fábrica. No entanto, não é necessariamente a seqüência desejada. Após a padronização dos projetos definido no Manual para Padronização dos Procedimentos de Projetos, o próximo passo a ser alcançado é receber dos calculistas os projetos na seqüência de montagem da obra, que deverá ser a mesma da produção.

Implantação da Construção Enxuta na Fábrica 1

Iniciou-se a etapa de implantação, com auxílio de um consultor, representando o Lean Institute Brasil. Este realizou um *workshop* no qual foram apresentadas as práticas *lean*, e suas principais ferramentas etc. Ainda organizou os funcionários em grupos (denominados por “time de colaboradores”). Esses funcionários elaboram o Mapeamento do Fluxo de Valor de três famílias de produtos, esses foram escolhidos por ter maior representatividade na área de vendas

da empresa, são eles: os Armados - vigas e pilares (Figura 4.6), as Lajes Alveolares e as Telhas “W”.

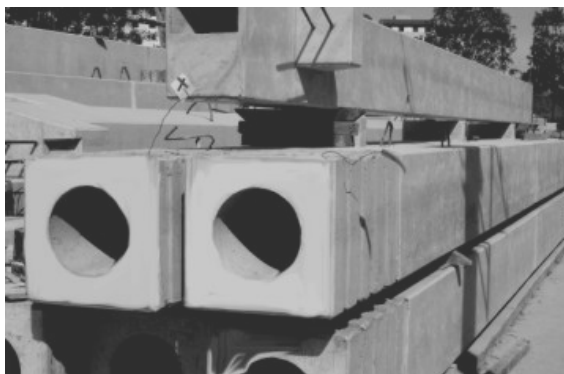


Figura 4.6 Pilar de concreto protendido

Fonte: Empresa

Para elaboração de cada Mapa de Fluxo de Valor os grupos de funcionários acompanharam todo um ciclo produtivo de cada família, anotando as atividades, tomando os tempos gastos na realização das tarefas, bem como os tempos entre processos etc. Da análise do Mapa de Fluxo de Valor, a primeira situação observada foi o excesso de circulação das peças semi-prontas no interior da fábrica. As operações de acabamentos nas peças eram muito distantes do processo anterior e depois as peças ficavam estocadas no pátio da empresa antes de serem despachadas para a obra. As agravantes nesta circulação interna são a dimensão e o peso das peças. Por exemplo, uma telha W pesa aproximadamente três toneladas. O transporte dentro da empresa pode ser realizado por meio de uma ponte rolante, nas áreas internas, ou por carreta, nas áreas externas (Figura 4.7).



Figura 4.7 Equipamentos para movimentação de peças

Fonte: autor

Outro fato identificado no MFV foi o conflito existente entre vários setores na disputa de um único recurso: a usina de concreto. Ela fornece concreto para todos os setores por meio de caçambas transportadas por ponte rolante. Era comum que os setores ficassem aguardando a chegada do concreto.

Essa constatação indicou que havia erro na programação ou que a usina de concreto estava subdimensionada, ou seja, que a capacidade de produção era inferior à atual demanda da empresa.

Um replanejamento das solicitações, identificando as prioridades, remanejando serviços, atrasando quando necessário, de forma que mesmo serviços não competissem pelo mesmo recurso, ameniza a questão.

A seguir, uma série de itens resultantes da elaboração e análise da MFV (SCHWARCK; FOLCH, 2005):

- eliminação ou diminuição do estoque de telhas acabadas;
- diminuição do transporte interno de telhas acabadas;

- eliminação ou diminuição de estoque de tela e cordoalha de protensão;
- diminuição do tempo total de produção – *Lead Time*; e
- diminuição do tempo de processamento.

Além disto, foi observado pela empresa que o indicador hh/m^3 , considerado o mais representativo da empresa, obteve uma melhoria significativa. Esse indicador representa a relação entre a quantidade de horas pagas para os funcionários (folha de pagamento) e o volume de concreto utilizado no mês.

Com o sucesso dos resultados obtidos com o Mapeamento do Fluxo de Valor e com o rearranjo do leiaute da Fábrica 1, houve a aplicação deste conhecimento na elaboração da planta da Fábrica 2, construída em 2004.

4.2.6 Análise da Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 1

O Quadro 4.11 retrata nível de implantação dos onze princípios propostos por Koskela (1992) para a empresa Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 1.

Princípios da Construção Enxuta	Nível de aplicação
Reduzir a parte das atividades que não agregam valor;	●
Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes;	○
Reduzir a variabilidade;	●
Reduzir o tempo de ciclo;	●
Simplificar por meio da redução do número de etapas;	●
Aumentar a flexibilidade de saída;	●
Aumentar a transparência do processo;	●
Focar o controle no processo global;	●
Introduzir melhoria contínua no processo;	○
Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões; e	●
Benchmarking.	●

Quadro 4.11 Nível de aplicação dos onze princípios na Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica

1

Legenda

Atende ○

Atende parcialmente ●

Não atende ●

De acordo com o Quadro 4.11, dois princípios são plenamente atendidos e nove são atendidos parcialmente.

Análise dos dois princípios que obtiveram atribuição “atende” da empresa Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 1.

- Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes. Esse princípio é identificado nesta fábrica, tendo em vista a intensa participação que o cliente (ou seu representante legal) tem no desenvolvimento do projeto, além de participar também da elaboração da estratégia da montagem na obra.
- Introduzir melhoria contínua no processo. Atitudes como a implantação da ferramenta 5S e a elaboração do Manual para padronização dos procedimentos de projetos atestam a prática desse princípio.

Análise dos nove princípios que obtiveram atribuição “atende parcialmente” da empresa Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 1.

- Reduzir a parcela das atividades que não agregam valor; Reduzir a variabilidade; Reduzir o tempo de ciclo; Simplificar por meio da redução do número de etapas; Aumentar a flexibilidade de saída; Aumentar a transparência do processo; Focar o controle no processo completo; Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões são encontrados de forma generalizada na empresa, no entanto, como esta fábrica produz exclusivamente sob encomenda, ou seja, os processos de produção são conhecidos, mas os produtos podem variar de acordo com as necessidades dos clientes, que dificulta ações mais estruturadas nos princípios Redução da variabilidade e o Tempo de ciclo, por exemplo.
- *Benchmarking*. Com os processos de produção semelhantes, as boas práticas conseguidas em qualquer um deles, são possíveis de se adaptar para os demais.

A seguir serão apresentados os principais indicadores que a empresa Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 1 manteve após a implantação da Construção Enxuta e ainda os indicadores que tiveram a necessidade de serem criados ou adotados e os que foram eliminados ou que perderam a importância de serem medidos (Quadro 4.12).

Principais Indicadores	
Mantidos em uso	Retorno sobre investimento (valor orçado sobre valor gasto); Margem de lucro; m ³ de concreto por mês (Fábrica 1, Fábrica 2 e por setor); Horas homens por m ³ de concreto (para toda empresa); Horas homens por m ³ de concreto (para Fábrica 1); Horas homens por m ³ de concreto (por setor da empresa); Perdas de concreto; e Perdas de aço.
Adotados	Tempo entre assinatura do contrato e o término da montagem (ciclo total do contrato); Tempo em estoque das peças; Tempo de espera aguardando material (concreto, aço etc.); Movimentação interna (tempo que a peça não está em processo de produção, mas em movimentação); Quantidade de horas ociosa de equipamento de montagem (obra).
Perderam a relevância	Não houve.

Quadro 4.12 Principais indicadores da Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 1

A empresa produz sob encomenda elementos estruturais e presta serviço de montagem com base em contrato de modalidade de preço global, ou seja, tem conhecimento do valor total que deverá receber por determinado serviço. Geralmente, a empresa recebe um adiantamento (porcentagem do valor total do contrato) no ato da assinatura do contrato e as demais parcelas são quitadas em função da montagem da obra.

O resultado financeiro será a diferença entre o que irá receber e o que irá desembolsar com a produção e montagem das peças, daí a importância de se manter os indicadores como, por exemplo, Retorno financeiro (valor orçado sobre valor gasto), Margem de lucro, horas homem utilizadas para produção um metro cúbico de peças prontas, perdas de materiais como concreto e aço etc.

Além disso, os indicadores criados relacionam com o processo de produção, como tempo de espera aguardando o material e tempo de movimentação interna. Outros indicadores verificam a harmonia entre a fábrica com a obra, sendo o principal o indicador tempo em estoque das peças, ou seja, verifica o tempo que as peças estão prontas e esperando para serem transportadas para a obra.

Implantação da Construção Enxuta na Fábrica 2

Esta unidade fabril localiza no interior do estado de São Paulo a 120 km da capital e iniciou suas operações em 2004. Ela produz duas famílias de produtos padronizados: lajes alveolares (Figura 4.8) e telhas de concreto.

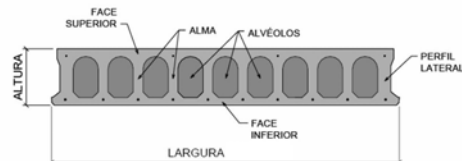
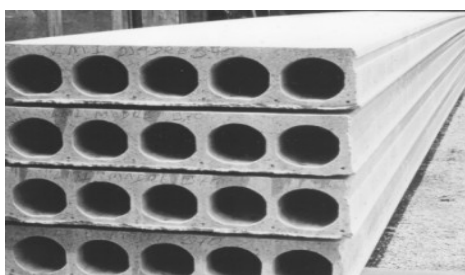


Figura 4.8 Laje alveolar e esquema transversal

Fonte: Empresa

Existem basicamente dois tipos de lajes alveolares: a extrusiva e a moldada. As lajes extrusivas utilizam um fator-água cimento muito baixo, próximo ao necessário para hidratação do cimento, proporcionando maior resistência a compressão e menor porosidade do concreto. A armação é composta apenas por cabos de protensão no sentido longitudinal da laje. No sentido transversal, os esforços são suportados pela resistência à tração do concreto (MELO, 2007).

A modulação é de 120 cm e alturas podem ser 20 ou 26,5cm e o comprimento máximo pode variar em função da sobrecarga total de utilização.

Para a telha de concreto, no formato W, também conhecida por Telha Protendida de Concreto – TPC, a altura pode variar entre 36,5; 49,5 e 60 cm e o comprimento até 30 m. A

Figura 4.9 ilustra o estoque de telha formato W, nesta fábrica.

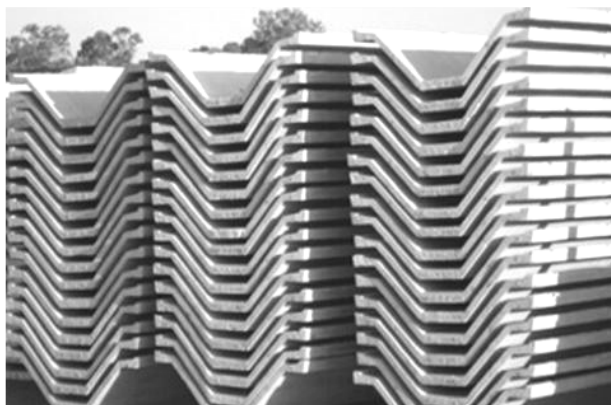


Figura 4.9 Estoque de telha formato W

Fonte: Empresa

Os produtos são padronizados possibilitando sua produção para estoque; no entanto, dada atual demanda do mercado, esses produtos são produzidos exclusivamente sob encomenda.

O processo de fabricação inicia-se no momento da chegada da ordem de execução provinda da Fábrica 1, indicando os prazos de entrega e as especificações, pois embora sejam produtos com elevado nível de padronização, os projetos são específicos, que devem atender quanto ao tamanho (comprimento) e ainda quanto aos possíveis reforços estruturais com o aumento dos cabos de protensão.

Na seqüência, o engenheiro da fábrica elabora a programação de médio prazo, levando em conta a quantidade de peças que deverão ser produzidas e a capacidade produtiva da fábrica. A seguir, em conjunto com os encarregados das linhas de produção faz a programação de curto prazo (semanal). Usualmente programa-se o dia seguinte e esta programação pode ser vista no gerenciamento visual (Quadro 4.13).

Além disto, existe a venda no varejo, são geralmente obras pequenas e rápidas que requerem flexibilidade na programação da produção, pois necessitam serem encaixadas, interferindo na programação semanal.

Data:		Corte – Saque		Limpeza - Protensão		Concretagem		Cura	
		Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim
Pista 1	Planejado	4:15hs	5:00hs						
	Realizado	4:23hs	5:20hs						
Pista 2	Planejado								
	Realizado								

Quadro 4.13 Gerenciador visual (diário).

Fonte: Empresa

No caso desse exemplo de Gerenciador visual, nesse dia, verifica-se que esta pista iniciou com atraso (início planejando 4:15hs e início realizado 4:23hs e a duração para execução foi maior que o previsto). Este atraso inicial implicará em atraso em todas as demais atividades subsequentes.

Conforme declarou o engenheiro de produção, na Fábrica 2, pelas características dos produtos faz com que os processos de produção sejam mais bem definidos, com elevado nível de mecanizados (quando comparado com a Fábrica 1), facilitando o gerenciamento visual da produção.

Os operários, desde o momento da contratação passam a receber informações acerca do vocabulário da Construção Enxuta, facilitando a assimilação. A empresa estimula e facilita a polivalência dos operários, pois os produtos são divididos por linhas de produção, ou seja, existe a equipe da laje alveolar e a equipe da telha e dentro dessas equipes ocorre a multifuncionalidade. A própria denominação da função desses operários propicia esta multifunção, pois estes recebem a denominação genérica de oficial da telha ou oficial de laje, independente da operação que executam. Se o operário é operador de máquina ou se executa serviços de arremates, não há diferenciação de denominação, podendo ocorrer em muitas situações mudanças dos operários entre os serviços.

As linhas de produção possuem mão-de-obra polivalente e não-artesanal e ainda se tem a utilização intensa de máquinas e equipamentos: são extrusoras de laje alveolar (Figura 4.10), extrusoras de telhas, caçamba de ponte rolante (Figura 4.11), macacos de protensão, além da usina central de concreto.



Figura 4.10 Extrusora de laje alveolar - Fábrica 2

Fonte: Autor

Nota-se que a confiabilidade nos equipamentos tem importante papel neste processo de produção. Segundo informou o engenheiro da fábrica, existem as manutenções diárias e as mensais. As mensais são preventivas e ficam a cargo da equipe de manutenção e as diárias são pequenos reparos ou ajustes executados pelos próprios operadores, que recebem treinamento apropriados para estes serviços. No caso da equipe de produção identificar alguma irregularidade maior, a equipe de manutenção é acionada.



Figura 4.11 Caçamba abastecendo extrusora – Fábrica 2

Fonte: Autor

Durante o dia de trabalho, todos os imprevistos que ocasionem influências no ritmo da operação devem ser anotados no quadro de visualização para posterior análise da situação-problema, proposta de solução consistente e implantação da solução, evitando-se que este tipo de ocorrência volte acontecer.

4.2.7 Análise da Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 2

O Quadro 4.14 retrata os onze princípios proposto por Koskela (1992) para a empresa Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 2.

Princípios da Construção Enxuta	Nível de aplicação
Reduzir a parte das atividades que não agregam valor;	<input type="radio"/>
Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes;	<input checked="" type="radio"/>
Reduzir a variabilidade;	<input type="radio"/>
Reduzir o tempo de ciclo;	<input type="radio"/>
Simplificar por meio da redução do número de etapas;	<input checked="" type="radio"/>
Aumentar a flexibilidade de saída;	<input checked="" type="radio"/>
Aumentar a transparência do processo;	<input type="radio"/>
Focar o controle no processo global;	<input type="radio"/>
Introduzir melhoria contínua no processo;	<input checked="" type="radio"/>
Mantener o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões; e	<input checked="" type="radio"/>
Benchmarking.	<input checked="" type="radio"/>

Quadro 4.14 Nível de aplicação dos onze princípios na Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica

2

Legenda

Atende

Atende parcialmente

Não atende

A pontuação com cinco princípios que “Atende” e seis princípios que “atende parcialmente” e nenhum “não atende”, justifica-se, pois essa fábrica foi idealizada pensando na otimização dos processos de produção, além disso, mantém em suas linhas de produção produtos padronizados, com elevado nível de mecanização e a mão-de-obra polivalente.

Análise dos cinco princípios que obtiveram atribuição “atende” da empresa

Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 2.

- Reduzir a parcela das atividades que não agregam valor, Reduzir a variabilidade, Reduzir o tempo de ciclo, Aumentar a transparência do processo e Focar o controle no processo completo. Nessa fábrica, os processos de produção são bem definidos e os produtos possuem elevado nível de padronização e a utilização de mão-de-obra treinada e polivalente, esse conjunto de fatores possibilita atender esses princípios.

Análise dos seis princípios que obtiveram atribuição “atende parcialmente” da empresa Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 2.

- Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes. O cliente final é atendido por meio da padronização dos produtos, portanto há pouca interferência desses no desenvolvimento do produto.
- Simplificar por meio da redução do número de etapas, Introduzir melhoria contínua no processo e Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões. Com os processos de produção bem definidos dificulta a aplicação intensa desses princípios.
- Aumentar a flexibilidade de saída. O elevado nível de padronização dos produtos dificulta a flexibilização desses.
- *Benchmarking*. Com os processos de produção semelhantes, as boas práticas conseguidas por um, pode ser aplicado em outro processo. No entanto, esse princípio não é praticado entre empresas.

A seguir serão apresentados os principais indicadores que a empresa Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 2 manteve após a implantação da Construção Enxuta e ainda os indicadores que tiveram a necessidade de serem criados ou adotados e os que foram eliminados ou que perderam a importância de serem medidos (Quadro 4.15).

Principais Indicadores	
Mantidos em uso	Retorno sobre investimento (valor orçado sobre valor gasto); Margem de lucro; Horas homens por m3 de concreto (para esta fábrica); Horas homens por m3 de concreto (por produto: telha, laje etc.); Perdas de concreto; e Perdas de aço.
Adotados	Número de parada dos equipamentos ocasionando a parada na produção; Quantidade de horas paradas de equipamentos por quebra; Quantidade de horas de manutenção dos equipamentos; e Quantidade de interrupção da linha de produção ocasionada por vários motivos, com indicação no quadro de programação.
Perderam a relevância	Não houve.

Quadro 4.15 Principais indicadores da Fabricante de pré-fabricados de concreto – Fábrica 2

Nota-se que semelhante á Fábrica 1, também a Fábrica 2 manteve os indicadores financeiros como retorno sobre investimento, margem de lucro e também os não-financeiros como horas homem gastas para produzir um metro cúbico de peças prontas (telha ou laje) e ainda perdas de material (concreto e aço).

Com o leiaute mais bem ajustado em relação à Fábrica 1, como, por exemplo, a usina de concreto mais próxima da área de alimentação das pistas de concretagem, que diminui o tempo de abastecimento. A preocupação recaiu sobre o processo produtivo e esse é muito dependente dos equipamentos envolvidos, daí a criação desse tipo de indicadores, como por exemplo, Número de parada de equipamento que ocasiona a parada da produção, número de horas de manutenção dos equipamentos e também com o controle visual foi possível assinalar as

paradas por outros fatores para posterior análise e proposta de solução.

Com a implantação dos princípios da Construção Enxuta, observou-se que entre as empresas pesquisadas, esta manteve em utilização um elevado número de indicadores, e praticamente não abandonou a utilização de nenhum.

Além disso, houve a necessidade de se criar outros tantos indicadores que retratassem essa nova forma de gerir a produção, principalmente no tocante ao tempo dos processos produtivos.

Neste caso, observou-se que o sistema de medição de desempenho não impôs barreiras à implementação da Construção Enxuta na empresa.

4.2.8 Construtora de obras industrial e residencial

A empresa construtora atua na prestação de serviços de execução de obras industriais e construção de empreendimentos imobiliários. Iniciou suas atividades em 1977, completando no ano passado 30 anos de atividades.

Faz parte de um grupo empresarial com sede em Fortaleza-CE, totalizando 12 empresas atuantes nos mais variados ramos, como por exemplo, o de calçados, o de revenda de automóveis, e o imobiliário, sendo que a primeira empresa desse grupo foi fundada em 1928.

Suas principais obras industriais e comerciais foram: revendedora de veículos com 947m², revendedora de caminhões com 3.035m², *shopping center* com 2.675m² e fábrica de calçados com 30.000m².

A empresa possui cerca de 200 funcionários e atua predominantemente com mão-de-obra própria; no entanto, terceiriza alguns serviços como, por exemplo: fundações, contenções, estruturas de concreto, instalações elétricas e hidro-sanitárias, impermeabilizações, revestimentos de gesso e pinturas. Possui certificado ISO 9001:2000. Adotou a Construção Enxuta a partir de 2005.

A entrevista foi realizada com o Coordenador Lean que acumula a função de Gerente de obras. Este profissional possui formação em engenharia civil e obteve o título de

Mestre em engenharia civil em 2006.

Construção Enxuta na empresa

Como muitas empresas da região de Fortaleza, esta também participou do Programa de Inovação da Indústria da Construção Civil do Ceará – INOVACON. Um dos módulos desse programa foi relativo à implementação da Construção Enxuta.

Além disso, a empresa participou também do Seminário Internacional de Construção Enxuta em Fortaleza-CE, Conenx I, realizado em 2004, e Conenx II, realizado em 2006. Esses eventos contaram com a participação de várias empresas, além da participação das seguintes entidades: Universidade Federal do Ceará – UFC, Sinduscon-CE.

Em 2007 participou do II Fórum Lean Nordeste realizado em Fortaleza-CE e neste evento apresentou um exemplo da aplicação da Construção Enxuta.

Embora o processo de implantação da Construção Enxuta tenha acontecido sem a intervenção de um consultor, a participação da empresa nesses eventos possibilitou a troca de informações e experiência entre as empresas que também tiveram interesse nessa forma de gerir a produção.

Segundo informou o Coordenador Lean, a empresa iniciou a implantação da Construção Enxuta com os seguintes procedimentos:

Implantação do *Kanban*

Iniciou-se a implantação do *kanban* pela solicitação de compra de materiais (areia, cal e cimento) utilizados na preparação da argamassa.

Na seqüência foi implantada a solicitação de argamassa utilizando-se do *kanban*. A Figura 4.12 mostra um Quadro para programação de horário para produção e remessa de argamassa.



Figura 4.12 Quadro para programação de horário

Fonte: Kemmer *et al.* (2007)

A programação para a produção e remessa de argamassa dá-se da seguinte maneira: as solicitações de argamassa são entregues no dia anterior da sua utilização no formato de *kanban*, que ficam fixados no Quadro Gerenciador de *Kanban*. Neste *kanban* consta o traço da argamassa, volume em m^3 , local de aplicação (número do pavimento) e horário que será utilizado. O *kanban* deve ser colocado no quadro, na posição do horário que a argamassa deverá ser entregue no pavimento.

Essa maneira de programação da produção e remessa da argamassa favoreceu o relacionamento dos serviços, considerando a dependência existente entre um sobre o outro, ou seja, o serviço “executar alvenaria” somente poderá acontecer após a conclusão do serviço “remessa de argamassa”. Os operários da produção têm ciência que terão à disposição os materiais necessários para execução dos serviços na quantidade adequada e no momento programado. Isto aumentou a confiabilidade nessa forma de gerir a produção.

Eventuais imprevistos como falta de informação ou de outros materiais são sinalizados por meio de Andon ou de rádio comunicador.

Implantação da Linha de Balanço

O PERT/CPM foi substituído pela Linha de balanço como forma de visualização e modelagem do planejamento e controle da produção.

Segundo o Coordenador *Lean* a empresa utilizava como forma de representação do planejamento a técnica PERT-CPM; no entanto, adotou a Linha de Balanço por entender ser mais simples quanto a visualização que a anterior. Justificou essa mudança explicando que, para a elaboração de um cronograma de um edifício utilizando a técnica PERT-CPM, este poderia conter até 3000 atividades (quando representado no formato de um Gráfico de Gantt). Esse elevado número de atividades pode dificultar a compreensão do cronograma por parte das equipes de produção, além de ser difícil a visualização das interferências ocorridas entre o término de uma atividade e o início de suas sucessoras.

A opção pela Linha de Balanço deu-se pelas características das obras que a empresa executa, ou seja, são predominantemente edifícios de múltiplos pavimentos proporcionando elevado nível de repetitividade dos serviços. A utilização desta técnica propiciou o macro-planejamento, inclusive com a adoção de lotes de serviços.

Para o planejamento operacional, de curto prazo, a empresa adota os conceitos preconizados no *Last Planner*. Os engenheiros de obras, responsáveis por esta fase do planejamento, recebem treinamento apropriado para este desenvolvimento. Em reunião semanal, o engenheiro na obra e os demais subempreiteiros e os encarregados de produção da empresa estabelecem as metas para a próxima semana e avaliam o realizado da semana que passou, verificando os problemas ocorridos e listando as suas causas, apresentando soluções para que essas causas não voltem a ocorrer.

Utilização de paletes

A utilização de paletes para transporte de material diretamente até os pavimentos (Figura 4.13) possibilita minimizar a utilização de mão-de-obra com os serviços de descarga manual e também a diminuição dos estoques intermediários. A paletização dos materiais auxilia na eliminação das seguintes perdas:

- por transporte;

- por espera;
- por movimentos; e
- por estoque.



Figura 4.13 Transporte de material por transpalete

Fonte: Carneiro (2007), p. 25

Lotes de serviços

A montagem dos lotes de serviços consiste no agrupamento de vários serviços correlatos em uma única unidade de medição. A prática de utilização de lotes de serviços propicia a polivalência dos operários, remuneração pelo desempenho, facilidade de comunicação e a autogestão das equipes de produção.

Kemmer (2006) destaca que a montagem dos lotes de serviços, nessa empresa, levou em consideração os serviços desenvolvidos nos pavimentos repetitivos dos edifícios. O dimensionamento de equipes para a realização dos lotes de trabalho baseou-se na experiência dos engenheiros e supervisores de produção. Justifica-se essa opção de obtenção de dados de produtividade por duas razões: primeiramente em função do conhecimento das significativas

diferenças entre os índices apresentados na literatura e manuais orçamentários, outra maneira de dimensionar as equipes seria por meio dos índices de produtividades coletados pela própria empresa. No entanto, ao analisar tais informações observou-se que a empresa possuía poucos dados apropriados, os quais foram coletados quando a mesma ainda não adotava o sistema de produção por lotes de trabalho.

A seguir mostra-se um lote de serviços que pode ser observada a proximidade dos serviços listados (KEMMER, 2006, p. 63):

- marcação;
- 1ª fiada com a locação de todas as aberturas de portas e cantos de parede previamente definida;
- chapisco de encontro em pilares e vigas;
- chapisco das alvenarias situadas em banheiros e cozinhas;
- elevação com tijolos cerâmicos e mestrados (paredes externas);
- elevação com blocos de concreto e mestrados (escada);
- vergas / contra-vergas nas aberturas de portas e janelas; e
- pilar para amarração da platibanda.

Com o objetivo de facilitar a montagem de novos lotes de serviços em obras diferentes, confia-se que o caminho ideal para as estimativas em horizonte de longo prazo deva se basear em indicadores globais do tipo homem-hora por metro quadrado de piso dos pavimentos repetitivos – em caso de se considerar as unidades de repetição da torre – de modo a proporcionar agilidade na criação dos cenários.

Atualmente está sendo implantado para o planejamento de médio prazo o Índice de Remoção de Restrição (IRR).

Segundo Codinhoto *et al.* (2003), restrições podem ser atividades gerenciais,

necessidades físicas, financeiras e de informações de projeto que, se não disponibilizadas no momento, na quantidade e especificação corretas, impedem a programação dos pacotes de trabalho relacionados às mesmas. Necessitam de um responsável por removê-las, uma data limite para a remoção e uma tarefa a ser executada atribuída a elas. São exemplos de restrição: entrega de materiais, treinamento, contratação de mão-de-obra e envio de projeto para produção.

Este indicador consiste, conforme destacou o Coordenador Lean da empresa, no quociente entre a quantidade de restrições para iniciar a execução de determinada atividade e a quantidade de restrições solucionadas dentro de determinado horizonte de tempo. A utilização desse indicador prevê a listagem das possíveis restrições, a definição do responsável para eliminação ou solução da restrição e o prazo necessário. Restrição não solucionada dentro do prazo deve ser acompanhada da devida justificativa bem como de proposta de solução e estabelecimento de novo prazo.

Andon

O andon é uma ferramenta de gerenciamento visual utilizada na indicação de situações diferentes das encontradas no processo construtivo. Um andon pode indicar o *status* da produção, por exemplo, quais pavimentos estão sendo executados determinados serviços ou da ocorrência de alguma anormalidade, por exemplo, utilização de equipamento inapropriado para execução de determinado serviço, falta de material ou necessidade de informação etc. (LEXICO LEAN, 2003).

Conforme declarou o Coordenador Lean, para a efetiva utilização é necessário que o operário seja estimulado a acionar o andon caso identifique alguma irregularidade que tenha possibilidade de provocar a parada da produção, devido, por exemplo, falta de material ou falta de informações para continuidade da atividade.

O estímulo que o operário deve receber decorre, principalmente, de questões culturais na construção civil, no qual o operário, ao acionar o andon, sinaliza, de forma explícita, que não consegue resolver um problema sozinho e ainda não tem certeza que será prontamente atendido pela gerência para solução de sua pendência.

Segundo Liker (2005), para o correto funcionamento do andon deve-se salientar ao

operário a importância de trazer à tona os problemas para que estes sejam prontamente solucionados e que atitudes devem ser tomadas de maneira que não voltem a acontecer. Esse autor enfatiza que o andon apresenta melhores resultados em serviços com elevado nível de repetitividade.

A equipe de produção, chegando ao local de trabalho, deve verificar as seguintes condições:

- material estocado próximo da sua utilização, por exemplo, blocos cerâmicos, vergas e contravergas;
- material que necessita de processamento como argamassa, com a solicitação encaminhada no dia anterior;
- projetos executivos com todas as informações; e
- atividade antecessora concluída.

Encontrando estas condições atendidas, a equipe de produção aciona a luz verde do acionador andon (Figura 4.14) posicionado em cada pavimento e sinalizando, assim, o início dos serviços.



Figura 4.14 Acionador Andon

Fonte: Carneiro (2007), p. 24

No decorrer do dia, as equipes de produção podem encontrar diversas situações de

irregularidades, sendo que essas podem implicar na interrupção dos serviços. Estando diante de um problema desse tipo, que a possibilidade de interrupção dos serviços dentro de até trinta minutos, o operário deverá acionar a luz amarela.

Essa mudança na sinalização será vista no painel de controle localizado na sala da gerência. Nesse momento, um encarregado deverá, prontamente, deslocar-se até o pavimento de maneira a solucionar o problema, pois os serviços estão na iminência de sofrer uma paralisação. Caso não seja possível a solução e a produção necessitar ser paralisada, a luz vermelha deverá ser acionada, solicitando-se assim a presença de engenheiro ou do gerente para proceder a uma avaliação da situação (Figura 4.15).

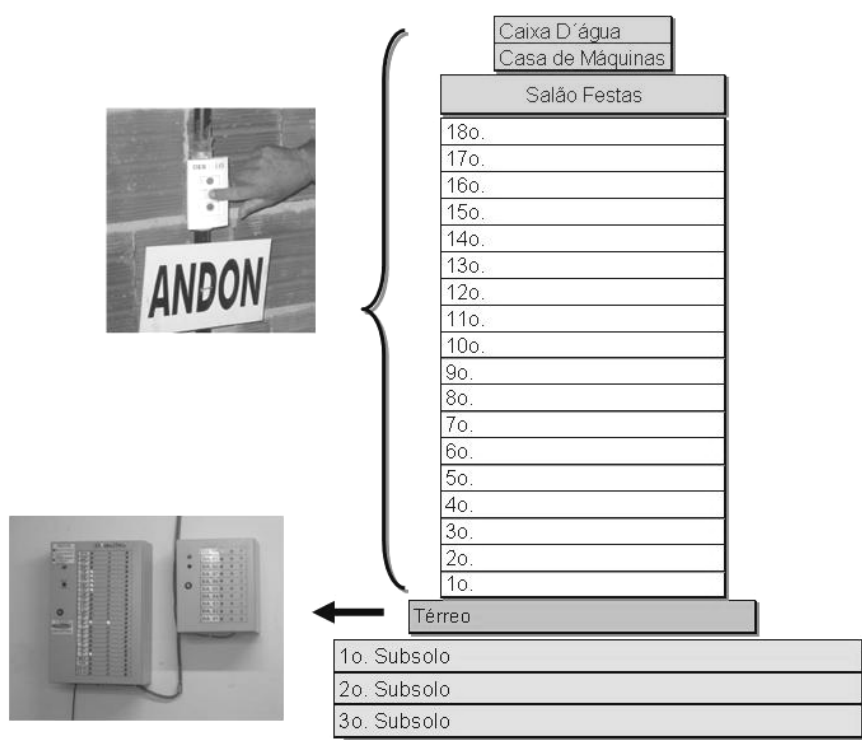


Figura 4.15 Esquema de funcionamento Andon (acionador e painel)

Fonte: Adaptado de Kemmer *et al.* (2006), p. 578

As sinalizações são acionadas na sala da gerência, também conhecida por sala técnica, sendo possível verificar todas as frentes de trabalho que estão sendo executadas naquele

momento com a luz verde, as que estão em vias de serem paralisadas com a luz amarela e as que estão paralisadas com a luz vermelha (Figura 4.16).

São registradas as quantidades de acionamento amarelo e vermelho, identificando o Número de Parada da Produção (NPP). As ocorrências são registradas em números absolutos e não em percentual. Embora a análise do número de acionamento amarelo ou vermelho comparando-o com o número de acionamentos verdes indique o percentual de serviços em vias de paralisação ou paralisado, o objetivo do andon é promover rapidamente a solução para a anormalidade encontrada e, em seguida, analisar as causas disto, de maneira que não volte a ocorrer. As causas destes problemas constarão da lista de Remoção de Restrição.



Figura 4.16 Painel Andon

Fonte: Kemmer *et al.* (2007)

Segundo o Coordenador Lean, no início da utilização do Andon os operários ficaram receosos quanto ao uso, isto é, eles tinham dificuldades em reconhecer que tinham problemas e não podiam solucioná-los sem o auxílio de seus superiores. No entanto, com a boa assistência fornecida pelos engenheiros das obras na solução dos problemas, os operários passaram, no decorrer do tempo, a terem confiança e utilizar a ferramenta adequadamente.

O Percentual de Planos Completos (PPC), que consiste no quociente entre o

número de tarefas totalmente executadas na semana e o número de tarefas planejadas nesse mesmo período, foi empregado para avaliar a confiabilidade dos planos de curto prazo da obra.

4.2.9 Análise da Construtora de obras industrial e residencial.

O Quadro 4.16 retrata os onze princípios proposto por Koskela (1992) para a empresa Construtora de obras industrial e residencial.

Princípios da Construção Enxuta	Nível de aplicação
Reduzir a parte das atividades que não agregam valor;	○
Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes;	○
Reduzir a variabilidade;	◐
Reduzir o tempo de ciclo;	◐
Simplificar por meio da redução do número de etapas;	◐
Aumentar a flexibilidade de saída;	◐
Aumentar a transparência do processo;	○
Focar o controle no processo global;	◐
Introduzir melhoria contínua no processo;	◐
Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões; e	◐
Benchmarking.	●

Quadro 4.16 Nível de aplicação dos onze princípios na Construtora de obras industrial e residencial

Legenda

Atende	○
Atende parcialmente	◐
Não atende	●

Essa empresa recebeu a pontuação: três princípios que “atende”, sete princípios que “atende parcialmente” e um princípio que “não atende”.

Análise dos três princípios que obtiveram atribuição “atende” da empresa Construtora de obras industrial e residencial.

- Reduzir a parcela das atividades que não agregam valor. As atividades que envolvem a diminuição ou eliminação de estoques intermediários propiciam esse princípio.
- Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes. A criação de lotes de serviços, a utilização da ferramenta andon etc., favorecem o cliente interno (operários). O cliente externo é considerado principalmente no término da obra, quando das definições dos acabamentos dos apartamentos.
- Aumentar a transparência do processo. Controles visuais aliados à aplicação da Linha de Balanço como modelador do planejamento conduzem a esse princípio.

Análise dos sete princípios que obtiveram atribuição “atende parcialmente” da empresa Construtora de obras industrial e residencial.

- Reduzir a variabilidade; Reduzir o tempo de ciclo; Simplificar por meio da redução do número de etapas; Aumentar a flexibilidade de saída; Focar o controle no processo completo; Introduzir melhoria contínua no processo e Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões. A preocupação maior da empresa até o momento da pesquisa foi de atuar no processo de produção.

Análise do princípio que obteve atribuição “não atende” da empresa Construtora de obras industrial e residencial.

- *Benchmarking*. Não foi identificada nessa pesquisa atitude que comprovasse as práticas desse princípio, dentro da própria empresa ou em relação a outras empresas.

A seguir serão apresentados os principais indicadores que a empresa Construtora de obras industrial e residencial manteve após a implantação da Construção Enxuta e ainda os indicadores que tiveram a necessidade de serem criados ou adotados e os que perderam a importância de serem medidos (Quadro 4.17).

Principais Indicadores	
Mantidos em uso	Retorno sobre investimento (capital investido sobre capital retornado); Margem de lucro (capital retornado menos capital investido); Custo por metro quadrado construído (R\$/m ²); Quantidade horas homens por m ² construído; Fluxo de caixa - Análise da Taxa Interna de Retorno (TIR); e Desvio do prazo da obra (relação entre o prazo planejado e o prazo efetivo).
Adotados	Percentual de plano concluído; Número de Parada da Produção (NPP): acionamento amarelo e vermelho no andon; Número de pedidos não atendidos pelo <i>kanban</i> ; Índice de Remoção de Restrição; Porcentagem de atividades iniciadas no prazo; Porcentagem de atividades não iniciadas no prazo; Atividades terceirizadas em condição de serem iniciadas, mas não foram iniciadas; e Indicadores globais do tipo homem-hora por metro quadrado de piso dos pavimentos repetitivos.
Perderam a relevância	Indicadores individuais de produtividades, como por exemplo, horas homens por unidade de serviço: hh/m ² .

Quadro 4.17 Principais indicadores da Construtora de obras industrial e residencial

Verifica-se a permanência dos indicadores financeiros como: Retorno sobre investimento (capital investido sobre capital retornado), Margem de lucro (capital retornado menos capital investido), Custo por metro quadrado construído (R\$/m²) e Quantidade horas

homens por m² construído.

Além disso, a empresa criou vários indicadores, como por exemplo, com a implantação do andon foi possível verificar o número de acionamento Amarelo (quando a equipe de produção encontra alguma anormalidade, mas que ainda não paralisou os serviços) e acionamento Vermelho (quando os serviços estão paralisados). Outro indicador importante utilizado pela empresa é o Índice de Remoção de Restrição, ressalva-se que essa empresa foi a única que citou plena utilização desse indicador, com elaboração da listagem das restrições, fatores que colaboram para essas restrições, plano de eliminação, indicação do responsável, implementação e reavaliação.

A criação dos lotes de serviços propiciou a perda da importância dos indicadores individuais de produtividade, principalmente conforme declarou o Coordenador Lean, esses indicadores apresentam índices muito discrepantes entre si.

Observou-se que nesta empresa os indicadores adotados ou criados com a utilização dos princípios da Construção Enxuta têm relação, principalmente, com a manutenção do fluxo contínuo dos serviços, procurando identificar previamente possíveis interferências ou analisar posteriormente as causas dessas interferências.

A empresa vem descartando a utilização, principalmente, na gestão da produção, dos indicadores que caracterizam os serviços individualmente.

5 Análises dos Casos

A seguir será feita uma análise das empresas:

- Construtora de edifícios residenciais;
- Construtora de obras industrial e institucional;
- Fabricante de pré-fabricados de concreto (Fábrica 1 e 2); e
- Construtora de obras industrial e residencial.

Com o intuito de uniformizar a comparação e utilizar como base para essa análise os onze princípios propostos por Koskela (1992). A seguir procede-se uma análise entre os casos, iniciando por avaliação de quais dos onze princípios que as empresas estão atendendo. Além disso, apresentam-se listagens com os principais indicadores que foram mantidos em uso, os que foram adotados ou criados e os que perderam a relevância.

No Quadro 5.1 apresenta-se um resumo da análise efetuada quanto a implantação dos princípios da Construção Enxuta nos estudos de caso analisados.

Princípios da Construção Enxuta	Construtora de edifícios residenciais	Construtora de obras industrial e institucional	Fabricante de pré-fabricados de concreto	Fabricante de pré-fabricados de concreto	Construtora de obras industrial e residencial
Reduzir a parte das atividades que não agregam valor;	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzir a variabilidade;	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Reduzir o tempo de ciclo;	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Simplificar por meio da redução do número de etapas;	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Aumentar a flexibilidade de saída;	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Aumentar a transparência do processo;	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Focar o controle no processo global;	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Introduzir melhoria contínua no processo;	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões; e	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Benchmarking.	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Quadro 5.1 Nível de aplicação dos onze princípios nas empresas

Legenda**Atende** **Atende parcialmente** **Não atende**

A seguir procede-se a análise dos onze princípios que foram mais atendidos pelas empresas:

Princípio Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes.

Com a pontuação Quatro empresas “atende” e uma “atende parcialmente”. De maneira geral, todas as empresas procuram identificar e atendem as necessidades dos seus clientes. A empresa de pré-fabricados de concreto – Fábrica 2 apresentou limitações em decorrência principalmente da alta padronização dos seus produtos, limitando as possibilidades de opções para os seus clientes;

Princípio Reduzir a parte das atividades que não agregam valor.

Com a pontuação: Três empresas que “atende” e duas empresas que “atende parcialmente”. De forma generalizada, seja de forma sistematizada ou intuitiva, todas as empresas procuram atender esse princípio. As empresas que apresentaram melhores condições são aquelas cujos serviços apresentam elevado nível de repetitividade de operações. Ações como a criação de lotes de serviços, com a promoção da polivalência da mão-de-obra, possibilitou a diminuição da segmentação das atividades diminuindo o tempo entre eles. Além disso, as modificações no leiaute dos canteiros de obras, aliada com ações que indicavam o encaminhamento dos materiais diretamente para os locais de aplicação permitiram a diminuição dos estoques intermediários;

Princípio Aumentar a transparência do processo.

Com a pontuação: duas empresas que “atende”, duas empresas que “atende parcialmente” e uma empresa que “não atende”. A transparência do processo está associada a sua exposição, podendo ocorrer na forma de visualização em quadros de comunicação ou quando da sinalização imediata da ocorrência de alguma anormalidade, identificada em sinalizador andon etc.

Princípio Reduzir o tempo de ciclo.

Com a pontuação: duas empresas que “atende”, duas empresas que “atende parcialmente” e uma empresa que “não atende”. Como o tempo de ciclo pode ser definido como o somatório de todos os tempos necessários para ser produzir um produto, isso é de fundamental importância para a empresa o conhecimento desses tempos, no entanto, as atividades repetitivas favorecem esse conhecimento. Além disso, ações promovidas em um princípio podem repercutir em outro, por exemplo, agir no princípio Reduzir a parte das atividades que não agregam valor, diretamente estará agindo no princípio Reduzir o tempo de ciclo. A empresa que não atende esse princípio caracteriza-se por não utilizar serviços repetitivos.

Princípio Aumentar a flexibilidade de saída.

Com a pontuação: uma empresa que “atende” e quatro empresas que “atende parcialmente”. Esse princípio está diretamente relacionado com a utilização de mão-de-obra polivalente, com a aplicação de soluções tecnológicas flexíveis e clientes consumidores que participam ativamente do processo de concepção do projeto e execução da obra.

Princípio Focar o controle no processo global.

Com a pontuação: uma empresa que “atende” e quatro empresas que “atende parcialmente”. Para o controle no processo global é necessário que o processo seja bem definido. A empresa que atende esse princípio tem os processos de produção bem definidos, produtos padronizados, mão-de-obra polivalente dentro da linha de produtos etc.

Princípio Introduzir melhoria contínua no processo.

Com a pontuação: uma empresa que “atende” e quatro empresas que “atende parcialmente”. A empresa que atende esse princípio, promovendo a implantação da ferramenta 5S e a elaboração do Manual para padronização dos procedimentos de projetos. Além disso, esse princípio pode ser contemplado em atitudes como analisar o número de parada da produção sinalizada no andon e propor soluções de forma que essas paradas não voltem ocorrer etc.

Princípio Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões.

Com a pontuação: cinco empresas que “atende parcialmente”.

Princípio Reduzir a variabilidade.

Com a pontuação: uma empresa que “atende”, três empresas que “atende parcialmente” e uma empresa “não atende”. A empresa que melhor atende esse princípio tem melhor controle sobre seus processos, além de possuir uma linha de produção padronizada e a empresa que não atende, pelas características de suas obras, apresentam dificuldade em reduzir a sua variabilidade.

Princípio Simplificar por meio da redução do número de etapas.

Com a pontuação: quatro empresas que “atende parcialmente” e uma empresa que “não atende”. Todas as empresas intensificaram ações no sentido de promoverem a polivalência da mão-de-obra, que se certa forma diminui a segmentação entre as atividades, promovendo com isso a redução de etapas. Além disso, soluções tecnológicas alternativas como, por exemplo, a substituição da aplicação de chapisco manual por chapisco mecanizado pode proporcionar aumento da produtividade desse serviço.

Princípio *Benchmarking*.

Com a pontuação: duas empresas que “atende parcialmente” e três empresas que “não atende”. As empresas que atende parcialmente esse princípio utilizam essa prática internamente, ou seja, um processo de produção serve de referência para outro.

Análise dos indicadores

De maneira geral, todas as empresas pesquisadas mantiveram os indicadores financeiros Retorno sobre investimento, Margem de lucro e Fluxo de caixa. Além de outros que explicita as especificidades das empresas, como custo por m² construído para as empresas Construtora de edificios residenciais e a Construtora de obras industrial e residencial ou horas

homens por volume de concreto produzido para a empresa Fabricante de pré-fabricados de concreto. Empresas prestadoras de serviços como a Construtora de obras industrial e institucional utilizam quantidade de horas homens orçadas sobre quantidade de horas homens gasta.

O Quadro 5.2 relaciona os principais indicadores que as empresas pesquisadas mantiveram em uso após a implantação da Construção Enxuta.

Indicadores mantidos em uso	Construtora de edifícios residenciais	Construtora de obras industrial e institucional	Fabricante de pré-fabricados de concreto Fábrica 1	Fabricante de pré-fabricados de concreto Fábrica2	Construtora de obras industrial e residencial
Retorno sobre investimento (capital investido sobre capital retornado)	✓	✓	✓	✓	✓
Margem de lucro (capital retornado menos capital investido);	✓	✓	✓	✓	✓
Fluxo de caixa - Análise da Taxa Interna de Retorno (TIR);	✓				✓
Custo por metro quadrado construído (R\$/m ²)	✓				✓
Quantidade horas homens por m ² construído.	✓	✓			✓
Desvio do prazo da obra (relação entre o planejado e o efetivo)	✓	✓			✓
Quantidade de horas homens orçadas sobre horas homens gasta		✓			
Valor orçado de material sobre valor gasto		✓			
Volume de concreto por mês;			✓	✓	
Horas homens por m ³ de concreto (por produto, por setor, empresa);			✓	✓	
Perda de material (concreto e aço)			✓	✓	

Quadro 5.2 Indicadores mantidos em uso.

De acordo com o Quadro 5.2, os indicadores financeiros Retorno sobre investimento e Margem de Lucro são utilizados por todas as empresas.

No entanto, o indicador Fluxo de caixa é utilizado por apenas duas empresas, pois de maneira geral, a relação de compra e venda dos imóveis habitacionais seguem a seguinte situação: o comprador que detém uma renda estável, podendo ou não possuir uma poupança, ou mesmo no caso de possuir, mas essas mesmo quando combinadas, em geral, não permite efetuar o pagamento à empresa construtora de maneira suficiente para quitar o imóvel até o término da construção. Nesse caso, a empresa construtora terá que desempenhar o papel de agente financiador, completando com recurso próprio o capital faltante ou buscar outras formas de financiamento por intermédio de agente bancário. Outra solução seria postergar o término da obra, adequando a capacidade de desembolso do comprador, no entanto, com esse alongamento os custos fixos, como, por exemplo, segurança da obra (guarita, guarda etc.) e escritório (encarregado administrativo, almoxarife etc.), poderão encarecer o empreendimento, inviabilizando-o comercialmente. Assim sendo, é importante para essas empresas equilibrarem os investimentos com os retornos.

Outro indicador que também representa a especificidade destas empresas de construção de edifícios residenciais é custo por m² de área construída.

Os indicadores financeiros são normalmente utilizados pela gerência das empresas. A seguir mostram-se os indicadores financeiros que foram adotados comprovando a nova realidade das empresas que pode ser configurada com a tendência de se promover o agrupamento dos serviços em lotes e com a perda da relevância dos indicadores de produtividade por serviço (Quadro 5.3).

Indicadores financeiros adotados	Construtora de edifícios residenciais	Construtora de obras industrial e institucional	Fabricante de pré-fabricados de concreto Fábrica 1	Fabricante de pré-fabricados de concreto Fábrica 2	Construtora de obras industrial e residencial
Custo por lote de serviço (Orçado – Gasto)	✓				
Custo Unitário Global (orçado – executado).		✓			

Quadro 5.3 Indicadores Financeiros adotados

A partir do Quadro 5.3, nota-se a baixa incidência da necessidade da adoção de indicadores financeiros.

Ambos indicadores sintetizam a intenção das empresas em comprimirem vários serviços em um único. Segundo os entrevistados, essa atitude favorece o gerenciamento da obra, além de dinamizar a elaboração do orçamento.

Como as empresas mantiveram praticamente todos os indicadores financeiros, e a implantação da Construção Enxuta atingiu principalmente os processos produtivos dessas empresas (obras e chão-de-fábrica), fica evidente a necessidade de adoção de um número mais significativo de indicadores que avaliassem essas mudanças. A seguir mostram-se os indicadores utilizados principalmente pela gerência da empresa (Quadro 5.4).

Indicadores não financeiros utilizados pela gerência	Construtora de edifícios residenciais	Construtora de obras industrial e institucional	Fabricante de pré-fabricados de concreto Fábrica 1	Fabricante de pré-fabricados de concreto Fábrica2	Construtora de obras industrial e residencial
Lotes de serviços concluídos (Planejado – Executado)	✓				
Avaliação de fornecedores de materiais		✓			
Avaliação de fornecedores de serviços		✓			
Percentual de operários treinados.	✓	✓			
Tempo em estoque das peças			✓		
Equipamento parado por quebra (h)			✓	✓	
Manutenção dos equipamentos (h)			✓	✓	
Percentual de plano concluído					✓
Atividades iniciadas no prazo					✓
Atividade não iniciada no prazo (%)					✓
Índice de Remoção de Restrição					✓
Indicadores globais (hh/m ²)					✓
Relação entre o prazo previsto e o efetivo		✓			
Da assinatura do contrato e o final da montagem (ciclo do contrato)			✓		
Índice de Desempenho de Produtividade (INDP)	✓				

Quadro 5.4 Indicadores não financeiros utilizados pela gerência.

Outra boa parte desses indicadores verifica diretamente os processos produtivos, são indicadores operacionais, pois auxiliam na tomada de decisão de engenheiros de obras e

gerentes de fábricas. O Quadro 5.5 relaciona esses indicadores.

Indicadores não financeiros relacionados com o processo produtivo	Construtora de edifícios residenciais	Construtora de obras industrial e institucional	Fabricante de pré-fabricados de concreto Fábrica 1	Fabricante de pré-fabricados de concreto Fábrica 2	Construtora de obras industrial e residencial
Número de solicitação atendidas dentro do prazo no sistema de comunicação denominado “autônômico”.	✓				
Tempo de espera aguardando material (concreto, aço etc.)			✓		
Movimentação interna (tempo que a peça não está em processo de produção, mas em movimentação)			✓		
Quantidade de horas ociosa de equipamento de montagem (obra)			✓		
Número de parada dos equipamentos ocasionando a parada na produção				✓	✓
Quantidade de interrupção da linha de produção ocasionada por vários motivos, com indicação no quadro de programação				✓	
Número de Parada da Produção (NPP): número de acionamento amarelo no Andon e número de acionamento vermelho no Andon					✓
Índice de Desempenho de Produtividade (INDP)	✓				
Número de pedidos não atendidos pelo <i>kanban</i> .					✓

Quadro 5.5 Indicadores não financeiros relacionados com o processo produtivo.

A partir do Quadro 5.5, nota-se que alguns indicadores como sistema de comunicação “autônômico” e o andon retratam uma situação emergencial, necessitando da imediata solução para se evitar complicações no bom andamento dos serviços.

No entanto, outros indicadores como Tempo de espera de material e

Movimentação interna e Número de pedidos não atendidos pelo *kanban* necessitam ser avaliados no contexto da empresa, apresentando melhor detalhamento das causas e um plano de ação, efetivando que estas causas não se tornem recorrentes.

A análise dos casos constatou que ocorrem diferenças na forma de desenvolvimento dos processos de implantação da Construção Enxuta nas empresas, em decorrência principalmente das especificidades dessas empresas, dos seus processos e produtos. A seguir, efetua-se uma análise com base nos aspectos relevantes da Construção Enxuta, entre as empresas estudadas (Quadro 5.6).

	Construtora de edifícios residenciais	Construtora de obras industrial e institucional	Fabricante de pré-fabricados de concreto Fábrica 1	Fabricante de pré-fabricados de concreto Fábrica2	Construtora de obras industrial e residencial
Tempo da implantação	4 anos	11 anos	5 anos	4 anos	3 anos
Utilização de consultor	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Principais ferramentas	Lotes de serviços; Comunicação “autônomo”	Aplicação do <i>lookahead</i> (médio prazo) e <i>last planner</i> (curto prazo)	Quadro de visualização da produção;	Quadro de visualização da produção;	Andon; Kanban
Principais indicadores criados ou adotados	Custo por lote; Índice de desempenho de produtividade; Solicitações atendidas pelo sistema de comunicação “autônomo”.	Relação entre o prazo previsto e o efetivo; Custo unitário global (orçado - executado)	Tempo total por contrato; Tempo de estoque de peças.	Número de parada da linha de produção (vários motivos)	Índice de remoção de restrição; Número de parada da produção, sinalizada pelo andon; Número de pedidos não atendidos pelo kanban.

	Construtora de edifícios residenciais	Construtora de obras industrial e institucional	Fabricante de pré-fabricados de concreto Fábrica 1	Fabricante de pré-fabricados de concreto Fábrica 2	Construtora de obras industrial e residencial
Ênfase	Manter o fluxo contínuo por meio de lotes de serviços e polivalência da mão-de-obra	Manter o fluxo contínuo por meio de planejamento de médio e longo prazo	Manter o fluxo contínuo por meio da identificação das prioridades de recebimento das peças nas obras	Manter o fluxo contínuo por meio da polivalência da mão-de-obra e manutenção dos equipamentos	Manter o fluxo contínuo por meio de Remoção restrição e planejamento semanal
Desafio	Consolidar esses conhecimentos e aplicar nas demais obras da empresa.	Implementar ferramentas como: Quadro de visualização; sistema de comunicação nas obras.	Integrar o processo produtivo da fábrica com o da obra	Diminuir ou eliminar os fatores que colaboram para a parada na linha de produção	Expandir e aplicar esses conhecimentos para obras com serviços não repetitivos.

Quadro 5.6 Aspectos gerais das empresas.

De maneira geral, todas as empresas pesquisadas obtiveram benefícios com a implantação dos princípios da Construção Enxuta. Fatores como repetitividade dos serviços, possibilidade de utilização de mão-de-obra polivalente, nível de mecanização dos processos, dentre outros fatores, podem influenciar nos resultados.

A ênfase observada em todas as empresas é de manter o fluxo contínuo dos serviços, estabelecendo um ritmo. Cada empresa, de acordo com suas especificidades, apresentou soluções para essa questão.

As empresas encaram essa fase de adoção dos princípios da Construção Enxuta, como inicial. Reconhecem os benefícios conseguindo, no entanto, destacam o longo trajeto a ser percorrido, descrevendo o desafio a ser enfrentado.

6 Conclusões

A seguir apresenta-se a conclusão desta tese para as questões apresentadas e a verificação dos objetivos.

Embora a revisão da bibliografia (AHLSTRON; KARLSSON, 1996; MITROPOULOS; HOWELL, 2001; SÁNCHEZ; PÉREZ, 2001) apontasse para uma inadequação entre o sistema de medição de desempenho e a aplicação dos princípios *lean* nas empresas manufatureiras, a expectativa dessa pesquisa era de se encontrar elementos que indicassem essa inadequação em empresas adotantes da Construção Enxuta. No entanto, após análise da documentação e a realização das entrevistas, essa pesquisa não identificou nenhum fator que sugerisse essa incongruência ou mesmo algum entrave que o sistema de medição de desempenho pudesse proporcionar para a implementação da Construção Enxuta.

De maneira geral, as empresas manufatureiras de outros setores produtivos fazem uso do sistema de medição de desempenho de maneira mais estruturada, quando comparados com a construção civil. Essa situação de enraizamento desses sistemas nessas empresas pode gerar alguns conflitos quando da necessidade de se adotar novas formas de medição, principalmente quando há modificações na forma de gerir a produção, surgindo a necessidade de se criar alguns indicadores e abandonando outros tantos.

Porém, na construção civil as práticas de medição de desempenho não são devidamente estruturadas, conforme relatam vários autores, como: Lantelme, (1994); Costa *et al.*, (2002); Costa; Cordeiro e Formoso (2003), apresentando uma série de deficiência como, falta de integração e alinhamento das medidas de desempenho, dificuldade das empresas em determinar o que medir e como medir, por exemplo. Esse panorama de falta de comprometimento que as empresas de construção aparentam mostrar com os indicadores de desempenho pode facilitar, de certa medida, a migração para outras formas de medição de desempenho.

Portanto, para o caso das empresas que adotaram os princípios da Construção Enxuta, essas não tiveram dificuldade em encontrar novos indicadores quer mostrasse essa nova conjuntura. No entanto, a averiguação desta interpretação carece ser mais bem investigada.

As empresas pesquisadas apresentam especificidades muito distintas, como por

exemplo, as empresas Construtora de obras industrial e institucional e a Fabricante de pré-fabricados de concreto, especialmente a Fábrica 2. No entanto, foi possível verificar o nível de implantação dessas empresas da Construção Enxuta, utilizando como base de comparação os princípios propostos por Koskela (1992), são extremos.

Das empresas pesquisadas a Construtora de obras industrial e institucional foi a primeira a ter implantada a Construção Enxuta. No entanto, no longo do tempo, essa empresa além de não adotar nenhum tipo de ferramenta como, por exemplo, 5S ou quadro de visualização, manteve os ganhos obtidos restritos ao nível gerencial, não ocorrendo a manutenção dos ganhos no processo produtivo. A constatação pode ser verificada por meio dos indicadores que a empresa manteve em uso e os que foram adotados (Quadro 4.10). A consequência disso foi que a empresa apresentou baixo nível de implantação com os princípios da Construção Enxuta, dentre as empresas pesquisadas. Isto pode ser observada no Quadro 5.1.

A empresa Fabricante de pré-fabricados - Fábrica 2 foi a que apresentou os melhores resultados de implantação, quando comparada com as demais empresas desta pesquisa (Quadro 5.1). Os fatores que favoreceram esses resultados foram, principalmente: a padronização dos produtos proporcionando processos produtivos bem definidos, mesmo que de natureza diferentes, possibilidade de utilização de mão-de-obra polivalente, elevado nível de mecanização, que favorece o ritmo de produção e pelo fato do leiaute ter sido desenhado tendo com base os problemas e as soluções implementadas na Fábrica 1. Além disso, essa unidade fabril manteve os principais indicadores financeiros e adotou indicadores não financeiros que favorecessem a manutenção do fluxo contínuo dos processos produtivos.

Concluí-se que empresas que mostraram melhores resultados quanto ao nível de adoção dos princípios da Construção Enxuta, desenvolveram procedimentos que propiciaram a manutenção do fluxo contínuo com a eliminação de atividades que não agregam valor, além diminuir a segmentação dos serviços (diminuindo o tempo entre o término e o início entre eles), entrega do material antecipando-se à equipe de produção, entre outros aspectos.

Embora a implantação da Construção Enxuta possa proporcionar mudanças nos processos de produção, com a utilização de uma série de ferramentas, nota-se que muitos dos indicadores adotados encontram-se referenciados na revisão bibliográfica realizada (Quadro 3.4; Quadro 3.5 e Quadro 3.6). Desses indicadores, destacam-se alguns que foram citados com ênfase

pelas empresas pesquisas: avaliação de fornecedores de material, avaliação de fornecedores de serviço, percentual de funcionários treinados e percentual de pacotes concluídos.

Observou-se também que alguns indicadores que foram adotados pelas empresas com adoção da Construção Enxuta não se encontram referenciados na bibliografia pesquisada. Esses estão relacionados diretamente com o processo de produção das empresas e tem a incumbência verificar a manutenção do ritmo de produção, identificando possíveis causas que pudessem interromper esse ritmo. Como por exemplo, Índice de desempenho de produtividade, número de solicitações atendidas dentro do prazo no sistema de comunicação “autônomo”, número de paradas (quebra) do equipamento ocasionando a paralisação da produção, Número de parada da produção (NPP) – número de acionamento do andon e tempo de espera aguardando material (concreto, aço).

Portanto, observou-se que nas empresas estudadas foi necessário adotar novos indicadores de desempenho para medir o desempenho dos processos de produção de forma coerente com os princípios da Construção Enxuta implementados. Dessa forma, ficou provado nos casos estudados que a Construção Enxuta requereu mudanças na medição de desempenho dos processos de produção. Todavia, indicadores utilizados anteriormente ainda continuam a serem utilizados.

A implementação da Construção Enxuta trata-se principalmente de mudança de comportamento, envolvendo uma filosofia que deve abranger toda a empresa. No entanto, pode ser parcialmente explicitada por meio da implementação de ferramentas como, por exemplo, MFV, *kanban*, 5S, quadro de visualização, andon. O uso mais adequado dessas ferramentas depende das especificidades das empresas.

Concomitantemente à utilização dessas ferramentas há a necessidade de se adotar indicadores que verifiquem a eficácia esperada com essa implantação. Por exemplo, com a implantação da ferramenta andon, foi necessária a criação de um indicador, no caso Número de parada da produção, que verificasse três situações: quantidade de serviços em execução (acionamento verde), quantidade de serviços em vias de paralisação (acionamento amarelo) e finalmente quantidade de serviços paralisados (acionamento vermelho). No entanto, essas informações isoladas não apresentam nenhum resultado concreto. Porém, quando analisadas, considerando também os motivos que ocasionaram estas paradas, consegue-se propor soluções e

realizar ações de maneira que esses motivos não voltem acontecer. Podendo-se assim, obter um resultado favorável.

Destaca-se que um dos fatores de maior relevância para o sucesso na implementação dessas ferramentas é a questão da conscientização da mão-de-obra, deve ser estimulada a se expor, apresentando dúvidas, formulando dificuldades ou restrições que impeçam o bom andamento dos serviços. Além disso, devem ser explicados para os operários de forma clara e objetiva os benefícios que serão obtidos. Essa questão da importância da conscientização da mão-de-obra é abordada na revisão bibliográfica e corroborada nos estudos de caso.

Existem ainda ferramentas que são utilizadas para diversas finalidades como, por exemplo, o sistema de rádio comunicadores, denominado por uma empresa pesquisada como sistema “autônomo” e o andon, esse enfatizado por outra empresa. Em ambos os casos, a comunicação é rápida, sinalizando anormalidade no processo produtivo. Enquanto os rádios podem ter outra utilidade como solicitar material, o andon possibilita a melhor visualização dos serviços que estão sendo executados, número de serviços paralisados. Nestes casos, há a necessidade de se adotar indicadores para se verificar a eficácia destas ferramentas.

Outro fator importante que foi observado e destacado nas entrevistas tem relação com o baixo custo de implantação dessas ferramentas.

Em geral, os indicadores de desempenho mantidos pelas empresas em utilização referem-se aos indicadores financeiros. A Construtora de edifícios residenciais e a Construtora de obras industrial e residencial que utilizam recursos próprios para o desenvolvimento dos seus empreendimentos preocupam-se com o fluxo de caixa, representado numericamente pela Taxa Interna de Retorno (TIR), uma vez que um descompasso entre investimento e retorno pode acarretar na inviabilidade do empreendimento. Além desse indicador, essas empresas utilizam os indicadores Retorno sobre investimento e Margem de lucro.

As empresas Fabricante de pré-fabricados de concreto e a Construtora de obras industrial e institucional são remuneradas por meio de medições de porcentagem de serviços executados, ou seja, existe a contrapartida entre a execução e a remuneração. Essas empresas preocupam-se com os indicadores Retorno sobre investimento e Margem de Lucro. As especificidades de cada empresa produzem variações, com alguns detalhamentos: número de horas homem orçada sobre número de horas homem efetivamente utilizada que é uma variação

do Retorno sobre investimento.

A partir da análise da Quadro 3.5 apresenta o resultado de uma pesquisa nas quais as empresas enfatizam a importância dos indicadores financeiros, dos cinco primeiros indicadores citados naquela pesquisa, três são citados pela empresas que adotaram a Construção Enxuta, a saber: fluxo de caixa, retorno sobre investimento e margem de lucro.

A partir da análise da Quadro 3.6 o indicador Percentual de programação concluída, é considerado importante para pouco mais de um terço (38%) das empresas participantes daquela pesquisa. No entanto, o indicador Percentual de Programação concluída (ou variante como desvio do prazo de obra) é citado, por praticamente, por todas as empresas que aderiram à Construção Enxuta, como muito importante.

Dos indicadores citados pelas empresas, tanto os que foram mantidos como os que foram adotados, como por exemplo: avaliação dos fornecedores de materiais, avaliação dos fornecedores de serviços, desvio de prazo da obra, percentual de pacotes concluídos constam na lista de indicadores observados na revisão bibliográfica, conforme Quadro 3.4.

De maneira geral, as empresas procuram soluções que propiciam a manutenção do ritmo dos serviços.

Diante do exposto, acredita-se ter cumprido o objetivo proposto nesta tese na medida em que se analisou, qualitativamente, os sistemas de medição de desempenho nas empresas que adotaram a Construção Enxuta, com distintos graus de implantação da mesma.

As hipóteses que nortearam a concepção desta tese foram comprovadas na medida em que as empresas que adotaram a Construção Enxuta não atendem plenamente os seus princípios, sendo que alguns abordados de forma muito incipiente.

A outra hipótese formulada quanto às mudanças na forma de medição de desempenho da empresa com a adoção dos princípios da Construção Enxuta foi comprovada, uma vez que se observou a inserção de novos indicadores de desempenho no cotidiano das empresas como forma de melhor aferi-lo sob a luz desta forma de gerir a produção.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Segue uma série de temas para trabalhos futuros

- Analisar o impacto que a adoção da construção enxuta tem nos indicadores: Retorno sobre investimento, Margem de lucro e Fluxo de Caixa (Taxa Interna de Retorno – TIR);
- Complementar banco de dados com indicadores de desempenho, permitindo acesso de empresas, com a opção de adotarem os indicadores que melhor se encaixe em suas necessidades;
- Desenvolver um modelo de aplicação da Construção Enxuta em empresas de pequeno porte;
- Desenvolver estudos para identificação dos tempos produtivos, improdutivos e auxiliares;
- Estudar o efeito do projeto na implementação e prática da Construção Enxuta; e
- Investigar o efeito de se atrelar as medidas de desempenho às ferramentas e não aos princípios.

Referências Bibliográficas

AHLSTRON, P.; KARLSSON C. Change processes towards lean production The role of the management accounting system *International Journal of Operation & Production Management*, Vol. 16 No. 11, pp. 42-56. 1996.

ALARCÓN, L.F.; DIETHELM, S. Organizing to Introduce Lean Practices in Construction Companies. **Proceedings...** 9th International Workshop on Lean Construction, National University of Singapore, Singapore, August, 2001.

ALVES T. C. L.; TSAO C.C.Y. Lean Construction – 2000 to 2006. **Lean Construction Journal**. v. 3, n.1. p. 46-70, 2007.

ALVES, T. C. L.; TOMMELEIN, I. D. Cadeias de suprimentos na construção civil: análise e simulação computacional. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC**. Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 31-44, abr./jun. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Citações em documentos: **NBR 10520**. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Documentação: **NBR 14724**. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Referências: **NBR 6023**. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

BARROS, A.J.P.; LEHFELD, N.A.S. **Fundamentos de metodologia** - Um guia para a iniciação científica. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

BERENDS, P.; ROMME, G. Simulation as research tool in management studies. **European Management Journal**, v.17, n.6, p.576-583, 1999.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. A produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. **Anais... XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**. Rio de Janeiro: UFRJ-ABEPRO. CD-ROM. 1999.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Modeling and Simulation: Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, p.241-254, 2002.

BITITCI, U.; CARRIE, A. S.; McDEVITT, L. Integrated performance measurement systems: a development guide. **International Journal of Operations & Production Management**, v.17, n.5 p. 522-534, 1997.

BORNIA, A. C. **Análise gerencial de custos em empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRASILEIRO NETTO, J.; FREITAS, A. A. F.; NOVAES, L. N. S. Alianças estratégicas para inovações na construção civil em Fortaleza – o caso INOVACON. **Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção – SIBRAGEC**. UFSCar, São Carlos, SP. 2003.

BRYMAN, A. **Research Methods and Organization Studies**. New York: Routledge, 1989.

CANOVA, F. **Aplicação da mentalidade enxuta numa indústria de pré-fabricados de concreto**. (Dissertação) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Área: Habitação, Planejamento e Tecnologia. São Paulo. 2005.

CARDOZA E.; CARPINETTI, L.C.R. Indicadores de desempenho para o sistema de produção enxuto. **Revista Produção**. v. 5, n. 2, Florianópolis, 2005.

CARNEIRO A. Q. **Estudo sobre aplicação do Conceito de células de produção na construção civil**. Monografia Projeto de Graduação. Universidade Federal do Ceará. Departamento de Engenharia de Transportes Graduação em Engenharia Civil, 2007.

CASAROTTO, R. M. **Redes de empresas na indústria da construção civil: definição de funções e atividades de cooperação**. 2002. 220f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.

CAVALCANTI R. F. V. **Uma investigação sobre medidas de desempenho utilizadas pelas empresas de construção civil, subsetor edificações, na região metropolitana de Recife**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) (UnB – Universidade de Brasília, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, UFPB Universidade Federal da Paraíba e UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte), 2004.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P.A. **Metodologia científica**: para uso dos estudantes universitários. 3.ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.

CHANG, R. Y.; MORGAN, M.W. **Performance Scorecards**: measuring the right things in the real world. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2000.

CODINHOTO, R. **Diretrizes para o planejamento integrado dos processos de projeto e produção na construção civil**. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2003.

CODINHOTO, R. *et al.* Análise de restrições: definição e indicador de Desempenho. **III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção - SIBRAGEC UFSCar**, São Carlos – SP, 2003.

CONCEIÇÃO, E. Tudo sob medida. **Qualidade na Construção**. São Paulo, ano 2, n. 11. p. 28-36, 1998.

CONTE, A. S. I. Um novo paradigma para gestão da produção na construção civil. **Qualidade na Construção**. São Paulo, ano 2, n. 11. p. 28-36, 1998.

CONTE, A.S.I. Lean construction: from theory to practice. **Proceedings...** IGLC-10, Gramado, Brasil. 2002.

CORIAT, B. **Pensar pelo avesso**. Rio de Janeiro: Editora Revan, 1994.

COSTA, D. B. *et al.* Critérios para desenvolvimento de sistemas de indicadores de desempenho vinculados aos objetivos estratégicos de empresas da construção civil. In: **Anais ... XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba – PR, 23 a 25 de outubro de 2002.** (CD-Rom)

COSTA, D. B. **Medição de desempenho para empresas de construção civil**. Núcleo Orientado Para a Inovação da Edificação - NORIE. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

COSTA, D. B.; CORDEIRO, C. C. C.; FORMOSO, C. T. Medição de desempenho em empresas de construção: vínculo com a estratégia e inserção nos processos gerenciais São Carlos. In: **Anais ... III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção - III SIBRAGEC**. Departamento de Engenharia Civil - UFSCar, 2003.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, p.220-240, 2002.

CROSS, K. F.; LYNCH, R. L. Managing the corporate warriors. **Quality Progress**, v.23, n.4, p.54-59, 1990.

DESCARTES R. **O Discurso do Método** <http://sociologia.incubadora.fapesp.br/> acesso 02/02/2008

DRUCKER, P.F. **Inovação e espírito empreendedor**. 2ed. São Paulo: Pioneira, 1985.

DULAIMI, M. F.; TANAMAS C. The principles and applications of lean construction in Singapore. **Proceedings...** 9th International Workshop on Lean Construction, National University of Singapore, Singapore, 2001.

FERRAZ J.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. XII **Simpósio de Engenharia de Produção SIMPEP** - Bauru, SP, Brasil, 2005.

FERRAZ, C. A.; MARTINS, R. A. Uma revisão sobre os métodos de diagnóstico da medição de desempenho. **In:** V Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, SIMPOI p. 564-575, São Paulo: Quality Digital, 2002..

FIGUEIREDO COSTA A. C.; JUNGLES A. E.; OLIVEIRA R. R. Diretrizes para o desenvolvimento da comunicação no gerenciamento de projetos: uma abordagem da teoria da ação como perspectiva da linguagem. III **Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção civil**. Porto Alegre, 2007.

FONTANINI, P.S.P.; PICCHI, F. A. Mentalidade enxuta na cadeia de fornecedores da construção civil: aplicação de macro-mapeamento. **Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído – SIBRAGEC**, São Carlos. São Carlos, 2003.

FORMOSO, C.T. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos**. Porto Alegre: UFRGS/Núcleo Orientado Para a Inovação da Edificação, 2000. Texto Técnico

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, p.152-194, 2002.

FRANCO-SANTOS, M. *et al.* Towards a definition of a business performance measurement system. **In: Proceedings...** The Six International Conference on Performance Measurement, University of Cambridge, UK, p.395-402, 2004.

FREITAS, H; OLIVEIRA, M.; SACCOL, A. Z.; MOSCAROLA, J. O método de pesquisa survey. **Revista de Administração**. São Paulo v. 35, n.3, p.105-112, 2000.

FUJIMOTO, T. **The evolution of a manufacturing system at Toyota**. New York. Oxford University Press, 1999.

GALLIANO A. G. **O método científico: teoria e pratica**. São Paulo: Harbra, 1979.

GHALAYINI, A. M.; NOBLE, J. S. The changing basis of performance measurement. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 16, n. 8, p. 63-80, 1996.

GODINHO FILHO, M; FERNANDES, F.C.F. Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. **Revista Gestão & Produção**. São Carlos, v. 11, n. 1, p. 1-19, jan.-abr. 2004.

GONZALES, E. F. **Aplicando 5S na Construção Civil** - Senso de utilidade, organização, limpeza, segurança e autodisciplina. Florianópolis: Editora da UFSC. 2005.

HEINECK L.F.M. *et. al.* Transparency in building construction: a case study. **Proceedings...** IGLC-10, Gramado, Brasil. 2002.

HOWELL G.A. "What is Lean Construction -1999". **Proc. 7th Annual Conference of the IGLC**, University of California, Berkeley, USA. 1999.

HRONEC, S. M. **Sinais Vitais**. São Paulo: Makron Books, 1994.

HYER N. L.; BROWN K. A. The Discipline of Real Cells. **Journal of Operations Management**. v. 7, issue 5 p. 557-574 Agosto, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE**. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. <<http://www.ibge.com.br/home/>> Acesso 01/02/2008.

JOHNSON, H. T.; KAPLAN, R. S. **Contabilidade Gerencial: a restauração da relevância da contabilidade nas empresas**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **The Balanced Scorecard – measures that drive performance**. Harvard Business Review. v. 70, n.1, p.71-79. 1992.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A estratégia em ação: Balanced Scorecard**. 8.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KAYDOS, W. **Measuring, managing, and maximizing performance**. Portland, Productivity Press, 1991.

KEMMER S. L. **Análise de diferentes tempos de ciclo na formulação de planos de ataque de edifícios de múltiplos pavimentos**. 2006. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2006.

KEMMER S. L. *et al.* O uso do andon no ambiente da construção civil: estudo de caso baseado na experiência de uma construtora cearense. **Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção – SIBRAGEC**, Campinas, 2007.

KEMMER, S. L. *et al.* The use of andon in high rise building. **Proceedings IGLC-14**, Santiago, Chile, 2006.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Center for Integrated Facility Engineering – CIFE, Stanford University, Stanford - EUA, Technical Report n. 72, 1992.

KOSKELA, L. Lean production in construction. In: **Lean Construction**. Alarcon L. (Ed.) Rotterdam: A.A. Balkema, 1997.

KOSKELA, L. Lean production in construction. **Proceedings...** of the 1st International Conference on Lean Construction, Espoo, 1993.

KRAFCEK, J. F. Triumph of the lean production system. **Sloan Management Review**, v. 30, p. 41-52, 1988.

LAKATOS, E.V.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3ed. São Paulo: Atlas, 1995.

LANTELME, E. M. V. **Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**. Dissertação. (Mestre em Engenharia Civil). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1994.

LEBAS, M. J. Performance measurement and performance management. **International Journal Production Economics**, v.41, n.23-25, p.23-35, 1995.

LEITE M. O. *et al.* Aplicação do sistema *kanban* no transporte de materiais na construção civil. XXIV **Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP** - Florianópolis, SC, Brasil, p. 667-673. 2004.

LEWIS, M. A. Lean production and sustainable competitive advantage. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 8, p. 959-978, 2000.

LEXICO LEAN **Glossário Ilustrado para praticantes do pensamento lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

LIKER J.K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J. K.; MEIER D. **O modelo Toyota - Manual de Aplicação**. Um guia prático para a implementação dos 4PS da Toyota. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, análise e interpretação de dados.** 2^a ed. São Paulo: Atlas, 1990.

MARTINS, R. A. **Sistemas de medição de desempenho: um modelo para estruturação do uso.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

MASKELL, B. H. **Performance measurement for world class manufacturing** – a model for American companies. Portland: Productivity Press, 1991.

MELO, C. E. E. **Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto** – Munte Construções Industrializadas. São Paulo: Editora Pini Ltda., 2007.

MENDES JR, R. **Programação da Produção da Construção de Edifícios de Múltiplos pavimentos usando Linha de Balanço.** 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1998.

MERGULHÃO R. C. **Influência da medição de desempenho nos projetos seis sigma: estudos de caso.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2007.

MITROPOULOS P.; HOWELL G. Performance improvement programs and lean construction. **9th International Workshop on Lean Construction**, National University of Singapore, Singapore, August, 2001.

MOSER e SANTOS Exploring the role of visual controls on mobile cell manufacturing: a case study on drywall technology. **Proceedings...** IGLC-11, Blacksburg, Virginia, USA, 2003.

NEELY A. The performance measurement revolution: why now and what next. **Internacional Journal of Operations & Management**. V. 19, n. 2. p. 205-228, 1999

NEELY, A. et al. Designing performance measures: a structured approach. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 17, n. 11, p. 1131-1152. 1997.

NEELY, A. **Measuring business performance**. London: The Economist Newspaper and Profile Books, 1998.

NEELY, A., ADAMS, C., CROWE, P. The performance Prism in Practice. **Measuring Business Excellence**, v.5, n.2, p.6-12, 2001.

NEELY, A.; ADAMS, C. **Perspectives on performance: the performance prism**. 2000. Working paper, Centre for Business Performance, School of Management, Cranfield University, Cranfield, 2000.

NEELY, A.; AUSTIN, R., **Measuring operations performance: past, present and future**. In: NEELY, A. (ed.) Performance measurement – past, present and future. Centre for Business Performance, Cranfield, p. 419-426, 2000.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K., Performance measurement system design – a literature review and research Agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 4, p. 80-116, 1995.

NOBRE J. A. P.; BARROS NETO J. P. Análise da aplicação do *Last Planner* em empreendimento de uma empresa de pequeno porte de Fortaleza. **XXIII ENEGEP Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Ouro Preto, Brasil, 2003.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção** Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA K. A. Z. **Desenvolvimento e implementação de um sistema de indicadores no processo de planejamento e controle da produção**: Proposta baseada em estudo de caso. Dissertação - Mestre em Engenharia Civil Universidade, Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.

PENEIROL N. L. S. **Lean Construction em Portugal Caso de estudo de implementação de sistema de controlo da produção Last Planner**. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Portugal, 2007.

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC**. Porto Alegre, v. 3, n.1, p. 7-23, jan./mar. 2003.

PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. Construction Sites: using lean principles to seek broader implementations. In: **12th Annual Conference on Lean Construction – IGCL**, Elsinore. 2004.

RICHARDSON, P. R.; GORDON, J. R. M. Measuring total manufacturing performance. **Sloan Management Review**, v.21, n.2, p.47-58, 1980.

ROLSTADAS, A. **Performance management**: A business process benchmarking approach. Chapman & Hall. London, 1995.

ROMANO W.C.B.T *et al.* A racionalização do uso de equipamentos em obra – melhoria de processos para a viabilização dos fluxos em obra. XII **Simpósio de Engenharia de Produção SIMPEP** - Bauru, SP, Brasil, 2005.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo** – um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SANCHES, A.M.; PEREZ, M.P. Lean indicators and manufacturing strategies. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 21 n. 11, p. 1433-1451, 2001.

SANTOS A. Por onde iniciar na implementação das modernas práticas de engenharia de produção na construção? IX **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC** Foz do Iguaçu PR Brasil, 2002.

SANTOS N. C. R. dos *et al.* Implantação do 5S para qualidade nas empresas de pequeno porte na região central do Rio Grande do Sul. **XIII Simpósio de Engenharia de Produção SIMPEP** - Bauru, SP, Brasil, 2006.

SANTOS, A. **Gerenciamento sensorial de canteiros de obras: teoria e prática.** Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba, 2003.

SCHWARCK, M.P.; FOLCH, A.T. Lean Thinking na Munte - Implantação da mentalidade enxuta em empresa provedora de soluções construtivas em pré-fabricados de concreto. **Inovação em construção civil.** (Monografias). p. 11-25. São Paulo: Coleção Uniemp Inovação, 2005.

SEMINÁRIO DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO **6º CONSTRUBUSINESS** <www.fiesp.com.br/construbusiness> acesso 01/07/2007.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas. 1996.

SLACK, N. *et al.* **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 1999.

SOUZA, R. Qualidade no Setor da Construção. In: **Gestão da qualidade: tópicos avançados.** Otávio J. Oliveira (Org.). São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. Cap. 14

SOUZA, U. E. L.; ALMEIDA, F. M.; SILVA, L. L. R. O conceito de produtividade variável aplicado aos manuais de orçamentação III **Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção - SIBRAGEC** UFSCar, São Carlos, SP, 2003.

TESORO, F.; TOOTSON, F. **Implementing Global Performance Measurement Systems**. San Francisco: Jossey-Bass Pfeiffer, 2000.

TCPO. **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos**. Ed. Pini Ltda. 2003.

THIOLLENT, M. J. M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

TOYOTA MOTOR CORPORATION GLOBAL. Disponível em <<http://www.toyota.co.jp/en/index.html>> acesso 01/07/07.

VELTZ, P.; ZARIFIAN, P. Da produtividade dos recursos à produtividade para a organização. **Revue Française de Gestion**. n. 97 p. 59-66, 1994.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**. v.22, n.2, p.195-219, 2002.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas – elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

Apêndice A – Roteiro da pesquisa

Devem ser entrevistadas as seguintes pessoas:

- Coordenador da Construção Enxuta na empresa ou o Gerente de Fábrica;
- Engenheiro de obras ou engenheiro de fábrica

Sempre que possível, é aconselhável entrevistar as pessoas de forma separada para que não ocorra nenhum tipo de inibição entre elas.

Quando permitido é aconselhável gravar as entrevistas, e anotações serão efetuadas durante as entrevistas.

Deverá ser solicitado elaborar material fotográfico.

Ficar atento para fatos relacionados ao objetivo da pesquisa durante a visita à obra.

Ao fechamento dos tópicos, os assuntos que não foram contemplados ou que surgiram poderão ser explorados.

O tempo de cada entrevista será entre 1 e 1,5 horas.

Os materiais utilizados serão: roteiros de entrevista e cópias para os entrevistados, papéis para anotações, gravador com pilhas e máquina fotográfica.

Tópicos para serem abordados com o coordenador da Construção Enxuta ou o Gerente de obras

Caracterização da empresa

- Tempo de mercado;
- Estrutura hierárquica
- Características dos empreendimentos;
- Número de operários;
- Mão-de-obra própria ou terceirizada;
- Programas de qualidade e certificações

Implantação da Construção Enxuta

- Opção pela Construção Enxuta;
- Objetivos com a implantação;
- Participação de agente externo na implantação
- Tempo de implantação;
- Procedimentos para implantação;
- Iniciativas para diminuir a rotatividade da mão-de-obra (Plano de estabilidade);
- Modificação na forma de remuneração

Indicadores de desempenho após a implantação da Construção Enxuta

- Forma de medir a produção;
- Influência no prazo de execução da obra;
- Forma de remuneração da mão-de-obra

Tópicos para serem abordados com o Engenheiro de obras

Implantação da Construção Enxuta

- Como ocorreu o processo de implantação
- Ferramentas implantadas (*kanban*, 5S, controle visual, nivelamento da produção, lote etc.);
- Nível de implantação destas ferramentas
- Procedimentos para avaliação destas ferramentas;
- Treinamento da mão-obra;
- Polivalência da mão-de-obra
- Modificação na forma de remuneração

Indicadores de desempenho após a implantação da Construção Enxuta

- Mudanças na forma de remuneração;
- Quais foram (se houveram);
- Medidas de produtividade foram alteradas
- Forma de medir a produção;
- Quais indicadores de desempenho são considerados pela área de produção e quais são considerados pela alta gerência?

- Quais indicadores de desempenho são considerados?
- Quais indicadores tiveram que ser criados?
- Quais indicadores de desempenho não são mais considerados?
- Disseminação das medidas pela obra ou empresa
- Quais são as pessoas que utilizam estes indicadores?
- Influência no prazo de execução da obra;
- Forma de remuneração da mão-de-obra