



ESTUDO DE TÉCNICAS PARA MELHORIA DOS RESULTADOS DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA MEDIANTE A ADAPTAÇÃO E APLICAÇÃO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (LEAN PRODUCTION)

Laura Monteiro de Castro Barros

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Jorge dos Santos

Rio de Janeiro

Agosto de 2013

ESTUDO DE TÉCNICAS PARA MELHORIA DOS RESULTADOS DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA MEDIANTE A ADAPTAÇÃO E APLICAÇÃO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (LEAN PRODUCTION)

Laura Monteiro de Castro Barros

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinada por:

Prof. Jorge dos Santos, D.Sc.

Profa. Ana Catarina Jorge Evangelista, D.Sc.

Profa Elaine Garrido Vazquez, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Agosto de 2013

Barros, Laura Monteiro de Castro

Estudo de técnicas para melhoria dos resultados de obras de construção pesada mediante a adaptação e aplicação do Sistema Toyota de Produção (Lean Production) / Laura Monteiro de Castro Barros. – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2013.

XII, 66 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Jorge dos Santos

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Civil, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 65-66.

1. Otimização de construções 2. Lean Production. 3. Adaptação de Metodologia. 4. Aplicação Prática. I. Santos, Jorge. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pelas oportunidades a mim concedidas.

Agradeço ao meus pais, que diante de tantas dificuldades, conseguiram vencer muitas barreiras e dar a mim e às minhas irmãs a chance que eles não tiveram. Por terem me deixado partir tão cedo, acreditando no meu objetivo.

Ao meu pai, Silvio, por ter sido exemplo de honestidade e humildade. Por me lembrar sempre de tratar a todos da melhor maneira, não importa quem seja.

À minha mãe, Maria Cândida, por ser exemplo de força e determinação. Me mostrando sempre que o trabalho é o melhor caminho para atingir qualquer objetivo.

À minha avó, Professora Nilza, que foi a minha primeira inspiração, e aquela que me ajudou a solucionar os meus primeiros desafios matemáticos.

Agradeço à minha irmã Flávia, por ter corrigido meus cadernos, e mais tarde, por ter me ensinado o gosto pelas línguas e pelo mundo. Agradeço às minhas outras irmãs, Larissa e Fernanda, por terem me aguentado nas minhas piores semanas de prova.

Ao meu companheiro Etienne, por ter sido meu amigo, por ter sido a minha calma e por ter me dado forças pra continuar, sempre acreditando na minha capacidade, mesmo quando eu já não tinha mais certeza dela.

E finalmente, agradeço ao meu orientador Jorge que acreditou no meu trabalho, à Prfa Elaine, por ser exemplo de eficiência, com capacidade fora do comum, e a todos os meus professores que ajudaram a me construir como profissional.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Estudo de técnicas para melhoria dos resultados de obras de construção pesada mediante a adaptação e aplicação do Sistema Toyota de Produção (Lean Production)

Laura Monteiro de Castro Barros

Agosto/2013

Orientador: Jorge Santos

Curso: Engenharia Civil

A indústria da construção civil vem enfrentando graves problemas devido à falhas na produção, no planejamento e controle das obras, no gerenciamento de projetos e na desorganização do ambiente de trabalho. Tudo isso associado a um momento de crescimento econômico, onde a demanda por obras com qualidade e preço está cada vez maior, está gerando resultados complicados para o setor.

Na tentativa de entender essa situação e melhorar as condições do setor, foi desenvolvido um estudo do método produtivo desenvolvido por Taiishi Ohno na Toyota, que ficou conhecido como Sistema Toyota de Produção ou Lean Production.

Este trabalho tem como objetivo, além de estudar as ideias do Lean Production, expor as peculiaridades inerentes ao setor da construção pesada no Brasil e tentar adaptar os conceitos desenvolvidos para a indústria automobilística no Japão para as frentes de produção de obras de infraestrutura. Para permitir avaliar os efeitos do Lean Production em construções, foi desenvolvido um estudo de caso em uma obra de infraestrutura localizada no norte do país, aonde esses conceitos foram aplicados e os resultados obtidos estão expostos no presente trabalho.

Foram obtidos resultados excelentes, com aumento da produtividade, melhoria das condições de trabalho e do comprometimento dos funcionários.

Palavras-chave: Lean Production, Sistema Toyota de Produção, Otimização, Padronização

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

Study of techniques to improve performance of heavy construction works through the adaptation and implementation of Toyota Production System (Lean Production)

Laura Monteiro de Castro Barros

August/2013

Advisor: Jorge Santos

Course: Engenharia Civil

The construction industry has been facing serious problems due to faults in the production, planning and control of works, project management and the non organization of the work environment. All this combined with a moment of economic growth, where the demand for quality works with acceptable price is increasing, is generating complicated results for the sector.

In an attempt understand this situation and improve conditions for the sector, a study was conducted about the production method developed by Taiishi Ohno at Toyota, which became known as the Toyota Production System or Lean Production.

The research aims, besides presenting the ideas of Lean Production, also present the construction sector in Brazil and try to adapt concepts developed for veichle factories to the fronts of infrastructure's construction. To allow evaluate the effects of Lean Production in construction, we developed a case study on a work of infrastructure located in north of the country, where these concepts were applied and the results obtained are presented in this work.

The results obtained were excelent, with a increased productivitie, a better work condition and a higher commitment of the workers.

Key-words: Lean Production, Toyota Production System, Optimization, Standardization

Sumário

Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xii
1 Introdução	1
1.1 Apresentação do Tema.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Justificativa	2
1.4 Metodologia	2
1.5 Estrutura do Trabalho	3
2 O Sistema Toyota de Produção - Contextualização	4
2.1 Criação do pensamento Lean	4
2.1.1 Linha de Montagem.....	5
2.1.2 Gestão de Pessoas	6
2.1.3 Relação com Fornecedores.....	7
2.1.4 Conceitos do “ <i>just-in-time</i> ” (JIT).....	9
2.1.5 Desenvolvimento da Engenharia	10
2.1.6 Relação com os consumidores.....	11
2.2 O sistema consolidado.....	11
3 O Sistema de Produção na Indústria da Construção	14
3.1 Crescimento do Setor X Crescimento do País	14
3.2 Perfil do Trabalhador da Construção Civil	16
3.3 Condições de Trabalho no Setor.....	20
3.3.1 Geração de Lixo	21

3.3.2	Tecnologia de Informação	22
3.4	Força de Trabalho.....	22
4	Adaptação dos conceitos do Lean Production na Construção Civil...	25
4.1	Os princípios Lean na Construção	26
4.2	Ferramentas mais usadas no Lean Construction	28
4.2.1	Sistema 5S.....	28
4.2.2	O Sistema de <i>Kanbans</i>	29
4.2.3	Mapeamento do Fluxo de Valor.....	30
4.2.4	Diagrama de Spaghetti.....	30
4.2.5	Análise de Tempos de Atividades.....	31
4.2.6	Otimização de <i>Layouts</i>	33
5	Aplicação e Análise da Metodologia.....	34
5.1	Estrutura do Local.....	35
5.1.1	Central de Armação.....	36
5.2	Aplicação do Estudo	40
5.2.1	Análise da Capacidade.....	40
5.2.2	Análise do Fluxo Produtivo	49
5.2.3	Aplicação.....	51
5.3	Resultados.....	60
5.3.1	Aspectos Gerais	61
5.3.2	Redução de Desperdícios	62
5.3.3	Balanceamento das Atividades.....	63
5.3.4	Índices de Produtividade	64

6	Considerações Finais	67
7	Bibliografia	70

Lista de Figuras

Figura 1 – Bases para do pensamento Lean.....	12
Figura 2 – Taxa de Crescimento do PIB Total, VAB Construção Civil (Valor Adicionado Bruto)	14
Figura 3 – Pirâmide de Prioridades de Maslow	23
Figura 4 – Modelo de Processo	26
Figura 5 – Cartão do Sistema de Kanbans.....	30
Figura 6 – Diagrama de Spaghetti	31
Figura 7 – Central de Armação Pré-Otimização	37
Figura 8 – Movimentação de Materiais	38
Figura 9 – Layout Anterior da Central de Armações.....	39
Figura 10 – Trabalhador com Postura Curvada	40
Figura 11 – Fluxograma de Produção de Estacas.....	42
Figura 12 – Fluxograma de Produção de Vigas	42
Figura 13 – Fluxograma de Produção de Degraus.....	42
Figura 14 – Fluxograma de Produção de Blocos	43
Figura 15 – Filmagem dos Processos Construtivos	43
Figura 16 – Gráficos Gerados no Software	45
Figura 17 – Gráfico de Pizza - Execução de Degraus.....	45
Figura 18 – Equilíbrio de Atividades de Armação de Degraus	46
Figura 19 – Mapa do Fluxo de Valor da Central de Armação.....	49
Figura 20 – Diagrama de Spaghetti da Central de Armação	50
Figura 21 – Propostas de Layouts da Central de Armação	52
Figura 22 – Novo Layout da Central de Armação.....	52
Figura 23 – Novo Layout da Central de Armação.....	54
Figura 24 – Marcações de Chão na Central de Armação.....	55
Figura 25 – Gabarito de Viga	56

Figura 26 – Carros de Transporte de Barras.....	57
Figura 27 – Andons.....	58
Figura 28 – Manual de Execução.....	59
Figura 29 – Quadro de Kanbans	60
Figura 30 – Os Nove Desperdícios	61
Figura 31 – Aspecto Geral da Central de Armação de Degraus.....	63
Figura 32 – Gráfico de Pizza Depois da Aplicação das Ferramentas	64

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Admitidos, desligados, e saldo no setor da construção civil, por faixa etária no Brasil - 2009 e 2010	18
Tabela 2 – Admitidos, desligados e salto no setor da construção civil, por grau de instrução no Brasil - 2009 e 2010.....	18
Tabela 3 – Admitidos, desligados e saldo no setor da construção civil, por faixa de salário mínimo no Brasil - 2009 e 2010	19
Tabela 4 – Salário Médio Real de admissão e desligamento segundo escolaridade no setor da construção civil (em R\$) no Brasil - 2009 e 2010	19
Tabela 5 – Análise de Tempos.....	32
Tabela 6 – Tabela de Equilíbrio	33
Tabela 7 – Demanda Central de Armação	41
Tabela 8 – Análise de atividades	44
Tabela 9 – Dados de Deslocamento na Central de Armação.....	51
Tabela 10 – Novos Dados de Deslocamento na Central de Armação	62
Tabela 11 – Índices de Produtividade - Armação de Estacas	64
Tabela 12 – Índices de Produtividade - Armação de Degraus.....	65
Tabela 13 – Comparativo de Índices de Produtividade de Armação de Vigas..	65
Tabela 14 – Comparativo Geral da Produtividade da Central de Armação.....	65

1 Introdução

1.1 Apresentação do Tema

O setor de produção da construção civil é um dos setores que menos evoluiu nas últimas décadas. Enquanto indústrias como a mecânica, eletromecânica, e outras tornaram-se cada vez mais automatizadas, uma parcela muito significativa da construção mantém um caráter quase que artesanal. Essa questão está cada vez mais evidente e os efeitos da falta de padronização, automatização e eficiência do setor estão começando a ser sentidos pelas construtoras.

As construtoras brasileiras, diante de um cenário mais competitivo e com menos prazo, estão tendo problemas sérios em manter o cronograma de suas obras. As greves pioram ainda mais esse cenário, gerando atrasos ainda maiores.

Com o fortalecimento do mercado brasileiro como um potencial consumidor, e com a explosão de obras no país, investidores externos estão sendo cada vez mais atraídos para o país, porém, ao se deparar com os custos de construção e com a improdutividade dos canteiros de obra, muitos deles são levados a repensar e recalculam se o Brasil é realmente o lugar certo de investir.

No entanto, sabe-se não ser possível a obtenção de um sistema de produção semelhante ao sistema fabril praticado pelas demais indústrias para o setor da construção civil. As características de produção são diferentes e obras específicas precisam de soluções específicas, não podemos aproveitar todo o planejamento, método construtivo e produtividade de um empreendimento para o outro pois cada obra é uma nova indústria e novo produto, mesmo quando há a tentativa de reprodução de um mesmo projeto.

Nesse sentido, a intenção do trabalho é estudar maneiras de adaptar o processo produtivo das obras para que este seja otimizado. Para isso, serão usados conceitos do Sistema Toyota de Produção, também conhecido como Lean Production.

O Sistema Toyota de Produção revolucionou os sistemas produtivos existentes na época em que foi criado, tornou-se exemplo de eficiência e bons resultados, e por isso, foi escolhido como base para as melhorias que serão propostas no setor da construção.

1.2 Objetivos

O objetivo do trabalho é entender de que forma a metodologia de produção Lean pode ajudar na melhoria da qualidade e da produtividade em obras de construção pesada.

Para isso, serão estudadas técnicas de adaptação das ferramentas desenvolvidas para o Sistema Toyota de Produção e a sua eficácia nos canteiros de obra.

1.3 Justificativa

O presente trabalho se justifica nas dificuldades encontradas pelas grandes construtoras em gerenciar e organizar as obras, mantendo um elevado índice produtivo, com qualidade e confiabilidade.

1.4 Metodologia

Para a realização da pesquisa bibliográfica e estudo de campo foi observado um planejamento, avançando desde a identificação do escopo, revisão bibliográfica, apresentação da realidade atual, desenvolvimento de conceitos, aplicação dos conceitos desenvolvidos, obtenção de resultados e análise dos resultados, conclusões e recomendações finais.

A abrangência a todo o escopo do trabalho foi obtida com divisão dos capítulos principais e essenciais para a se atingir o objetivo do trabalho. Posteriormente, foi iniciada a revisão bibliográfica, com as devidas referencias e dados necessários para a exposição dos temas centrais de cada capítulo.

Para o estudo de caso foram obtidos dados diretamente com as pessoas responsáveis pela implantação do novo sistema de produção da construção civil e foram expostos os resultados obtidos a partir dessa metodologia.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho foi dividido em 5 capítulos. O primeiro capítulo fala do Sistema Toyota de Produção, explica a sua origem e os seus principais conceitos. Nesse capítulo será falado também de quais foram os resultados mais significativos obtidos com esse sistema produtivo e também suas principais diferenças em relação ao sistema clássico de produção em massa.

O segundo capítulo do trabalho faz uma análise do setor da construção civil no Brasil, as principais características da força de trabalho e do sistema produtivo comumente empregado nos canteiros de obra.

O terceiro capítulo do trabalho faz uma junção dos conceitos do *Lean Production* para os sistemas produtivos do setor da construção. São analisados os conceitos que podem ser inseridos no canteiro e sugeridas mudanças práticas para obtenção de uma construção mais enxuta e com menos desperdícios.

No quarto capítulo será apresentado um estudo de caso, aonde os alguns dos conceitos expostos na terceira etapa do trabalho foram colocados em prática. Nessa etapa será observada a metodologia de execução dos conceitos da construção e serão apresentados os ganhos obtidos pela implantação desses conceitos no empreendimento em questão.

No último capítulo serão representadas as conclusões do trabalho. Espero que os resultados desse trabalho possam contribuir para a evolução e otimização da indústria da construção no setor de construções pesadas.

2 O Sistema Toyota de Produção - Contextualização

2.1 Criação do pensamento Lean

Segundo Womack *et al.* (1990), a produção enxuta se apoia nos contrastes entre a antiga produção artesanal, e o modelo produtivo dominante na época do seu desenvolvimento, a produção em massa. Na produção artesanal, a mão de obra era extremamente qualificada, as ferramentas utilizadas na produção eram simples e flexíveis e os produtos buscavam a perfeição aos olhos do consumidor, eram feitos sob encomenda. Esse sistema, apesar de satisfazer os desejos do cliente, era um sistema que encarecia o produto.

Posteriormente a esse sistema, a partir de padronizações de modelos e máquinas, Henry Ford, em 1913, foi iniciada a produção em massa (WOMACK *et al.*, 1990). A produção em massa era caracterizada por profissionais muito especializados para realizar os projetos, máquinas caras e específicas para cada tarefa e mão de obra não qualificada na maior parte do processo. Devido ao alto custo da automatização, a produção se limitava a um modelo específico de produto, reduzindo as opções dos clientes, porém reduzindo também os custos de produção. Dessa forma, a Ford conseguiu conquistar um grande número de consumidores, atraídos pelo baixo custo do veículo motorizado, e se tornou o líder do setor automotivo rapidamente.

Ainda segundo Womack *et al.* (1990), em 1950, o engenheiro japonês Eiji Toyoda visitou as fábricas da Ford nos Estados Unidos. Eiji era um dos donos da Toyota, empresa familiar que no momento tinha 13 anos de existência. Durante esses anos, a Toyota havia produzido menos de 3000 veículos, número muito inferior aos 7000 produzidos por uma central de montagem da Ford em apenas um dia. Com o fim da segunda guerra mundial, e vivendo um período de reabertura e reconstrução do país, Eiji buscava uma maneira de acelerar o seu sistema de produção, e após visitas minuciosas às fábricas da Ford ele chegou à conclusão de que o sistema de produção

americano poderia ser melhorado e que caso não o fosse, jamais funcionaria em um país como o Japão.

O mercado japonês era muito menor do que o americano, porém, tinha a mesma alta variedade; a produtividade japonesa era nove vezes menor do que a americana e os bancos se recusavam a emprestar dinheiro a empresas de um setor dominado por gigantes estrangeiras. Outra dificuldade eram as leis trabalhistas no Japão, impostas pela ocupação norte americana, limitavam os direitos das indústrias quanto ao tratamento de seus funcionários, os sindicatos ganharam força, e além disso, a população japonesa não aceitaria ser tratada como custo variável da produção (WOMACK *et al.*, 1990).

Eiji Toyoda e seu principal engenheiro de produção, Taiichi Ohno, estudaram então formas de adaptar e melhorar a produção em massa para a fábrica da Toyota baseados em um princípio básico de eliminação de desperdícios, segundo CHAVES (2010). No mesmo período, no Japão estavam sendo fortemente disseminadas as ideias de Deming, que ressaltavam a importância da gestão e do controle da qualidade e a possibilidade de resolução de problemas a partir desse sistema (WOMACK *et al.*, 1990).

2.1.1 Linha de Montagem

A primeira modificação foi feita na linha de montagem dos carros, o sistema americano funcionava utilizando prensas paralelas pesadas que quando unidas moldavam as chapas de aço. A medida que o aço cru ia passando pelas prensas, ele ia tomando a forma desejada (uma porta de caminhão, um para-lamas e etc.). O problema é que esse sistema só valia a pena em grandes produções e não permitia a fabricação de modelos diferenciados, as máquinas eram muito específicas e levava muito tempo para fazer a modificação de um molde. Ohno (1952) criou então um modelo de troca de moldes mais simplificado, utilizando máquinas usadas adquiridas nos Estados Unidos, ele treinou seus funcionários da linha de montagem a

executarem eles mesmos a troca dos moldes nas máquinas. No final dos anos 50, os funcionários da Toyota reduziram o tempo de troca de moldes de 1 dia para apenas 3 minutos (WOMACK *et al.*, 1990), eliminando também a necessidade de especialistas na troca de moldes. Nas fábricas de produção em massa a troca podia levar até um mês, com a produção parada e mão de obra ociosa.

Com isso a Toyota conseguia produzir lotes menores de cada peça, reduzindo os volumes de estoque e aumentando sua qualidade, pois os problemas eram rapidamente identificados e corrigidos. Para isso os funcionários precisavam estar altamente motivados, afim de prever problemas e se comprometerem com os resultados.

2.1.2 Gestão de Pessoas

Quando se tratava de gestão de pessoas, Ohno (1952) observou que o sistema da Ford era cheio de desperdícios. Os montadores eram os menos valorizados, sendo que para Ohno, eram os únicos que realmente agregavam valor ao carro. Eles exerciam funções repetitivas e não tinham nenhum comprometimento com o que faziam, seus supervisores controlavam a produção, mecânicos consertavam as máquinas, engenheiros de produção projetavam melhoria para as máquinas, faxineiros faziam a limpeza do local do trabalho no fim do dia, e a fábrica ainda necessitava de funcionários coringas que substituíam os funcionários na linha de montagem diariamente devido aos alto índices de faltas ao trabalho. Ohno decidiu então modificar a política de recursos humanos, e o primeiro passo para isso foi a criação de equipes de trabalho.

As equipes de trabalho eram responsáveis por um trecho da linha de produção. Eles tinham um líder no lugar do supervisor. O líder conhecia várias funções, e inclusive substituíam funcionários da linha de montagem caso fosse necessário. A equipe se tornou responsável também pela limpeza da área no fim do dia, controle de qualidade do que era produzido e por realizar pequenos consertos das ferramentas.

Quando a equipe já estava adaptada à nova forma de trabalho, eles passaram a convocar as equipes periodicamente para que fossem dadas sugestões de melhoria, criaram assim um sistema de melhoria gradual e constante.

O sistema Toyota de produção também ajudou a reduzir os retrabalhos. Nas fábricas que trabalhavam com produção em massa, os trabalhadores que parassem a linha de produção podiam até mesmo serem punidos pela redução da produtividade. Quando uma peça defeituosa era instalada em um veículo, muitas vezes ela só era percebida no fim da linha de montagem, gerando custos altíssimos com estoque de carros defeituosos e com desmontagens de veículos. O sistema Toyota incentivava que todos os funcionários interrompessem a linha de produção quando encontrassem um problema, todos os integrantes da equipe focavam na resolução do problema e era aplicado o método dos 5 porquês¹, na tentativa de entender o problema ocorrido e evitar que ele se repetisse.

No início da implementação desse sistema, não é de se espantar que a linha de produção parava constantemente, porém, à medida que os problemas foram sendo identificados mais facilmente pelos trabalhadores, o trabalho começou a fluir muito bem, com uma redução enorme no número de carros defeituosos no fim da produção e também nas horas paradas da linha de montagem. O resultado foi que os carros chegavam com muito mais qualidade ao consumidor, já que os defeitos de montagem eram quase nulos, e a Toyota conseguiu reduzir significativamente seu pátio de consertos e seus custos com retrabalho.

2.1.3 Relação com Fornecedores

O sistema de gerenciamento dos fornecedores também foi modificado por Ohno (1952). Ele observou que nas fábricas de produção em massa, o relacionamento montadora/fornecedores, era muito verticalizado, os fornecedores recebiam os

¹ Método dos Cinco Porquês consiste em se fazer a pergunta “porque?” em torno 5 vezes sobre um determinado problema. O objetivo é ir além dos sintomas do problema e identificar a causa real e subjacente(s). Deve ser realizada a pergunta “porque?” quantas vezes for necessária para a identificação da causa primária.

desenhos prontos e davam o seu orçamento, aquele que possuía o menor preço e atendia aos critérios de prazo e qualidade era o escolhido para produzir a peça. No entanto, eles não tinham abertura para propor melhorias de acordo com a sua experiência na área, já que recebiam os desenhos prontos e sem informações complementares. Além disso, tratavam sua relação como de curto prazo, sabendo que a qualquer momento poderiam ser trocados por um concorrente ou passar a produzir para outra montadora.

A Toyota criou (WOMACK *et al.*, 1990) então um sistema de cooperação entre fornecedores/montadora. O primeiro passo para isso foi separar os fornecedores em níveis de fornecimento, sendo os fornecedores de primeiro nível diretamente ligados à Toyota, os de segundo nível ligados aos de primeiro nível e assim por diante. Os fornecedores de primeiro nível faziam o todo o desenvolvimento das peças, eles recebiam apenas uma especificação de desempenho e de custo final que a Toyota poderia pagar pelo produto, e desenvolviam a engenharia buscando o melhor atendimento dos requisitos. Isso permitiu o compartilhamento de informações entre fornecedores, já que cada um se especializou em um item de fornecimento.

Também existia uma troca entre funcionários da Toyota e dos seus fornecedores de primeiro nível. Em épocas de pico de trabalho, a Toyota emprestava seus funcionários para auxiliar a produção dos fornecedores, quando necessário ela alocava seus gerentes em posições estratégicas dentro das empresas fornecedoras, e quando surgiam problemas na linha de montagem, as empresas fornecedoras enviavam seus engenheiros para estudar as causas na fábrica da Toyota e buscar uma solução.

Surgiu também nesse momento, o famoso sistema de fornecimento e distribuição *'just-in-time'* (JIT). Segundo Chaves (2010), o sistema visa atender a demanda instantaneamente, com qualidade perfeita e sem desperdícios. Produz apenas o necessário, quando necessário e na quantidade necessária.

Para adequar a essa filosofia, as entregas dos fornecedores deveriam ser realizadas aos poucos, os produtos ficavam em containers, e quando esses containers ficavam vazios, eles eram enviados para os fornecedores sinalizando a necessidade de uma nova entrega. Logicamente, caso um dos integrantes da cadeia de suprimentos falhasse, toda a linha de produção pararia, mas Ohno considerava isso vantajoso na medida em que os próprios fornecedores estavam sempre atentos para prever problemas e evitar que eles acontecessem.

O mesmo princípio regia a produção dos veículos. Eles eram produzidos sob demanda, e a empresa respondia bem às variações de demanda do mercado.

Todo esse sistema de fornecimento, segundo Womack et al. (1990), demorou mais de 20 anos para ser implementado com perfeição. Foi preciso muito trabalho de Ohno e Toyota para conseguir fazer com que suas ideias funcionassem, no entanto, o resultado foi excelente. A Toyota reduziu as suas áreas de estoque, garantiu um melhor funcionamento das suas peças, uma melhor relação com seus fornecedores e entre eles e o sucesso do trabalho em conjunto foi compartilhado entre as empresas, na medida em que as relações eram bem estabelecidas e de longo prazo.

2.1.4 Conceitos do “*just-in-time*” (JIT)

O JIT criado pelo STP é formado por três elementos operacionais básicos: o sistema puxado, o tempo takt e o fluxo contínuo.

O sistema puxado, segundo Nazareno (2003), é aquele em que a produção visa atender o consumo do cliente a partir da demanda de mercado. Os produtos vão sendo produzidos à medida que estão sendo consumidos. No sistema de produção em massa, as montadoras produziam veículos muitas vezes em excesso, o que gerava a dinâmica oposta, o sistema era “empurrado”, com a montadora repassando produtos para o mercado previamente ao consumo dos mesmos.

Esse modelo de produção pode resultar na saturação do mercado, obrigando a montadora a fazer promoções diminuindo assim os seus ganhos. Além disso existe o

risco de mercado, a demanda pode ser muito diferente daquela prevista pela montadora, e a empresa pode não estar preparada para produzir o produto desejado pelos consumidores no tempo necessário para manter as vendas (WOMACK *et al.*, 1990).

De acordo com Chaves (2010), o tempo takt é o ritmo que determina como a fábrica deve produzir para atender a demanda dos clientes. Devem ser realizados estudos para determinar quantos produtos devem ser expedidos por minuto para atender a demanda. Esse valor é obtido com a divisão do tempo disponível para a produção pela quantidade de produtos demandados nesse mesmo intervalo de tempo.

O fluxo contínuo de produção representa uma modificação no *layout* da empresa para que não ocorram perdas de tempo na movimentação interna do produto que está sendo trabalhado.

2.1.5 Desenvolvimento da Engenharia

O desenvolvimento da engenharia também foi modificado pelos especialistas da Toyota (WOMACK *et al.*, 1990), as equipes que antes eram divididas por disciplinas e não respondiam a um chefe direto, passaram a formar grupos multidisciplinares de desenvolvimento de produtos e os integrantes tinham planos de carreira bem definidos. Os grupos eram compostos por engenheiros de diversas áreas, representantes de fornecedores (para que pudessem direcionar o desenvolvimento das peças de seu fornecimento para um produto mais viável e fácil de ser produzido), representantes da área de vendas (para que o produto final desenvolvido – o novo carro, correspondesse às expectativas dos clientes) e representantes das áreas de produção (para que a montagem do produto final fosse coerente com as habilidades dos funcionários).

2.1.6 Relação com os consumidores

E para fechar o ciclo, a Toyota modificou (WOMACK *et al.*, 1990) também sua relação com os consumidores. Com esse sistema de produção diferenciado, a empresa conseguiu ampliar o seu portfólio de produtos e passou a atender a diversos nichos de mercado. A qualidade e confiabilidade dos seus produtos fez com que consumidores pagassem mais para ter garantia de um bom negócio, e o desenvolvimento eficaz da engenharia permitia a Toyota renovar os seus modelos a cada 4 anos, enquanto a concorrência vendia um mesmo modelo por cerca de 10 anos.

2.2 O sistema consolidado

Ao consolidar o Sistema Toyota de Produção (STP), observa-se que no topo estão as metas primárias: melhor qualidade, menor custo, menor tempo de produção/entrega, mais segurança e confiança do cliente. As bases para esse sistema, segundo Smaley (2004), são a estabilidade operacional, previsibilidade do ambiente e confiabilidade do sistema.

Pode-se observar na figura 1, o que PASCAL (2008) chamou de Casa de Produção Lean. O autor coloca a estabilidade e a padronização nas bases, e como sustentação do sistema, as entregas Just-in-time, no tempo e na qualidade certa, e o sistema de controle total da produção jidoka². No topo está o foco no cliente, finalidade de todo o sistema de produção.

² *Jidoka* está ligado ao conceito de envolver o trabalhador e o tornar componente vital para o fluxo de um processo, levando a possível identificação de problemas submersos no processo, que só quem participa diariamente deste é capaz de identificar.



Figura 1 – Bases para do pensamento Lean
Pascal, 2008.

O *jidoka* ajuda a produzir com zero defeito. Os japoneses utilizaram algumas ferramentas que eles chamam de *poka-yoke*, focadas na prevenção de defeitos durante o processo de produção. Significa implementar dispositivos simples, de baixo custo, que previnem a ocorrência de situações fora do comum (PASCAL, 2008).

Segundo o Lean Enterprise Institute (2010) a produção enxuta é:

“Um conjunto de princípios, práticas e ferramentas, usadas para criar um valor preciso ao consumidor – sendo este um produto ou serviço com melhor qualidade e poucos defeitos – com menos esforços humanos, menos espaço, menos capital e menos tempo do que nos sistemas tradicionais de produção em massa.”

Destaca-se ai que segundo Womack *et al.* (1990), a produção enxuta é também um princípio, demonstrando toda uma modificação na maneira de se pensar a produção e não somente na maneira de executá-la. Observa-se também, que para a implementação de um sistema de produção enxuto, é preciso desenvolver muito bem o comprometimento de todos os envolvidos no processo de produção, desde

profissionais com alto cargo até profissionais das frentes de serviço. Os funcionários devem estar aptos a exercer funções variadas, devem existir políticas de treinamento de pessoal e as empresas devem contar com ferramentas para projeto enxuto.

3 O Sistema de Produção na Indústria da Construção

3.1 Crescimento do Setor X Crescimento do País

Segundo Medeiros (2012), a indústria da construção civil vem sendo fortemente incentivada desde o ano de 2008 com a estabilidade econômica que o Brasil vivia na época, e com a criação de programas imobiliários que facilitam a liberação de crédito para a aquisição da casa própria (“Minha Casa Minha Vida”, lançado em 2009). Nesse período houve um forte aumento na geração de empregos formais, demonstrando um fortalecimento do setor privado no país. Na figura 2 podemos observar o crescimento do setor da construção e o crescimento do Produto Interno Brasileiro – PIB no mesmo período.

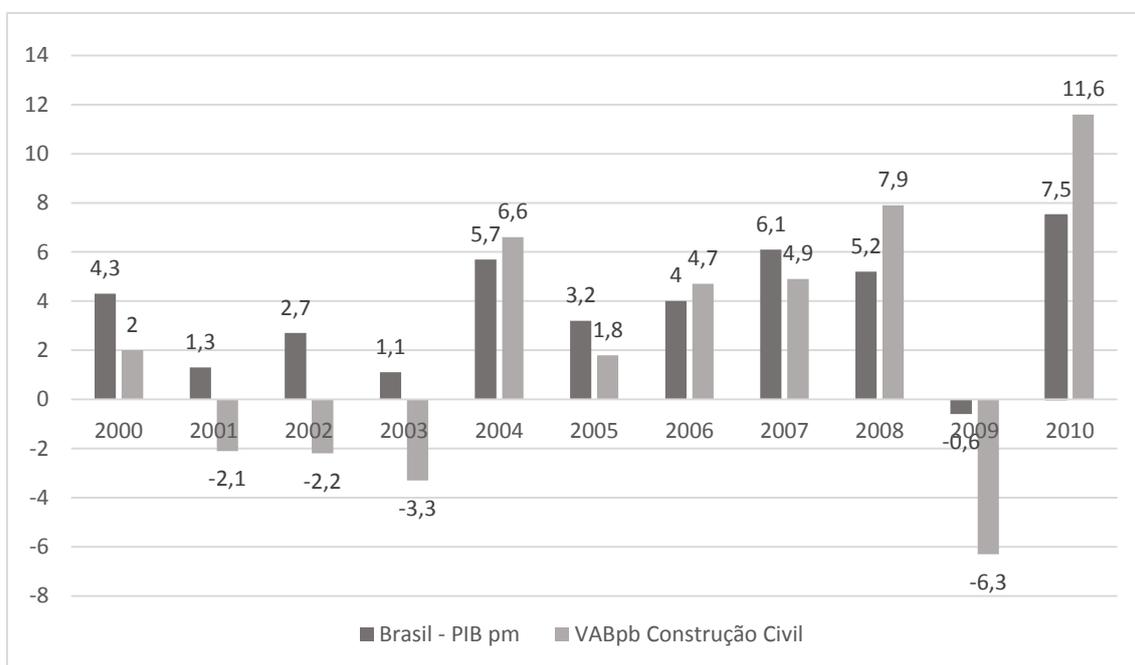


Figura 2 — Taxa de Crescimento do PIB Total, VAB Construção Civil (Valor Adicionado Bruto)

Fonte: IBGE. Banco de Dados CBIC

Em 2010, a indústria da construção civil cresceu (11,6%), o melhor desempenho dos últimos 24 anos, segundo dados do PIB setorial. Em 2011, porém, a

instabilidade internacional, somada à desaceleração da economia brasileira diminuiu também os índices de crescimento do setor. O consumo teve o ritmo reduzido devido à queda da renda real, decorrente do aumento da inflação, do reajuste do salário mínimo sem ganho real, de medidas de restrição ao crédito tomadas pelo governo e do aumento da taxa básica de juros.

Apesar desse cenário, os investimentos devem manter o ritmo de crescimento, impulsionados pela redução de impostos (IPI) sobre alguns materiais de construção, a realização de grandes eventos como a Copa do Mundo em 2014 e os Jogos Olímpicos no Rio de Janeiro em 2016. Adicionando-se a esses fatores, os investimentos propostos pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), lançado pelo Governo Federal em 2007, que liberou R\$ 559,6 bilhões em recursos do BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social e incentivou o investimento privado e público em obras de infraestrutura (transporte, energia, saneamento, habitação e recursos hídricos. Posteriormente, em 2010 o governo lançou o PAC 2, que libera investimentos da ordem de R\$ 1,59 trilhão em obras, entre 2011 e 2014, e pós-2014 (MEDEIROS, 2012)

As regiões Norte e Nordeste do país foram as que mais cresceram. Com destaque para as obras das usinas hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio, em Rondônia, que aquecera a economia da região, e na região Nordeste, destacam-se as obras da Refinaria Abreu e Lima, em Pernambuco. No setor imobiliário, o financiamento da casa própria, com recursos do FGTS e da poupança, aportou ao setor R\$ 83,9 bilhões em 2010. Esses recursos foram responsáveis pela contratação de aproximadamente um milhão de unidades.

A indústria de materiais também apresentou melhoras depois de um período de 20 anos sem crescimento. Entre 2005 e 2009 cresceu cerca de 10% ao ano, e foi incentivada pela desoneração de tributos, como o IPI, o aumento de créditos e prazos de financiamentos (MEDEIROS, 2012).

Apesar de ser classificado como indústria, o setor apresenta características bem peculiares. Uma construção produz um produto único, cada empreendimento ou obra tem características diferentes. O produtor deve se locomover até o local de produção, caracterizando uma indústria itinerante, e os serviços podem ser feitos por uma construtora ou por empresas especializadas, que podem ser responsáveis pela obra como um todo ou por uma parcela da obra (quando termos alguns serviços terceirizados).

Outros pontos não menos importantes que marcam o setor são: grande número de interfaces envolvendo cada decisão tomada, isso ocorre devido ao alto nível de interdependência das etapas de produção; falta de especificação e requisições da parte do cliente, especialmente quando o cliente em questão é público, muitas vezes dado a falta de prazo ou até mesmo interesse por parte do governo em aprofundar os estudos de projeto; a mão-de-obra possui caráter intensivo e é muito pouco qualificada; existe um baixo grau de precisão, entre outros problemas.

Essas características associadas a um aumento explosivo na quantidade de obras que estão sendo executadas, tem gerado problemas sérios devido à falta de mão de obra qualificada para projetar, gerenciar e produzir. As empresas do setor enfrentam cada vez mais problemas para encontrar funcionários qualificados, e devido à grande oferta de emprego, enfrentam também muitos problemas para mantê-los na empresa. Os fornecedores, devido à explosão de demanda, muitas vezes não estão aptos para atender com a mesma qualidade e prazo que eram habituados a trabalhar.

3.2 Perfil do Trabalhador da Construção Civil

Em 2009 o setor empregava cerca de 7,44% de toda a população ativa no país. Isso corresponde a 6,9 milhões dependentes desse setor (Dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio – PNAD-IBGE). Podemos analisar os trabalhadores da construção civil por suas características físicas ou sociais.

Segundo a mesma pesquisa, cerca de 40% desses trabalhadores são empregados por conta própria, que quando somados com o número de trabalhadores que não possuem carteira assinada (cerca de 23%), vemos que a construção possui um alto grau de informalidade (ESTUDO SETORIAL DA CONSTRUÇÃO, 2011). Grande parte dos trabalhadores não possui nenhum vínculo empregatício com as empresas em que prestam serviço e não recebem benefícios (auxílio doença, pensão por morte, seguro em caso de acidentes de trabalho e etc.).

O emprego formal, que foi um dos ramos mais afetados com a crise nos anos passados, também foi o que demonstrou maior melhora, sendo líder na recuperação do setor. No ano de 2010, 250.000 novos empregos foram gerados pela indústria da construção, número 1,4 vezes maior em relação ao ano de 2009 (ESTUDO SETORIAL DA CONSTRUÇÃO, 2011). Esses números representam cerca de 12% da geração total de vagas de trabalho no Brasil (2.137.000 no ano).

Porém, a elevação da formalização dos empregos em 2010, não conseguiu eliminar um problema sério do setor: a alta rotatividade. Ao todo, foram contratadas 2,4 milhões de pessoas durante o ano, e foram demitidas cerca de 2,2 milhões de pessoas (Segundo os dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados - CAGED).

Um dos principais motivos para essa alta rotatividade é a particularidade do processo produtivo. Como as obras possuem um tempo de duração não permanente e local de execução também não permanente, os trabalhadores são, normalmente, contratados para o empreendimento. No fim da construção em questão, eles podem ser transferidos para outra obra ou demitidos. Abaixo são relacionados o número de contratações e a faixa etária dos operários (tabela 1), observa-se que a maior parte dos novos funcionários do setor possuem até 24 anos. Também pode ser observado que a quantidade de operários com 65 anos ou mais vem diminuindo, o que é condizente com a natureza do trabalho na construção (alto grau de esforço físico).

Tabela 1 – Admitidos, desligados, e saldo no setor da construção civil, por faixa etária no Brasil - 2009 e 2010

FAIXA ETÁRIA	2009			2010		
	ADMITIDOS	DESLIGADOS	SALDO	ADMITIDOS	DESLIGADOS	SALDO
Até 24 anos	485.495	400.569	84.926	639.973	521.298	118.675
25 a 29 anos	372.663	338.142	34.521	473.368	428.612	44.756
30 a 39 anos	554.660	515.614	39.046	695.644	644.170	51.474
40 a 49 anos	348.418	328.083	20.335	423.269	393.572	29.697
50 a 64 anos	183.721	183.139	582	225.060	213.634	11.426
65 anos ou mais	5.118	7.334	-2.216	6.683	8.532	-1.849
Total	1.950.078	1.772.893	177.185	2.463.997	2.209.818	254.179

Fonte: Caged. Lei 4.923/65, 2011

Elaboração: DIEESE

Obs.: O valor dos ignorados consta no total

Quando analisa-se ainda o saldo das admissões e demissões de 2009 e 2010 por grau de instrução (tabela 2), observa-se muitas das vagas foram ocupadas por trabalhadores com ensino médio completo, demonstrando uma tentativa do setor de qualificar mais a sua mão de obra.

Tabela 2 – Admitidos, desligados e saldo no setor da construção civil, por grau de instrução no Brasil - 2009 e 2010

GRAU DE INSTRUÇÃO	2009			2010		
	ADMITIDOS	DESLIGADOS	SALDO	ADMITIDOS	DESLIGADOS	SALDO
Analfabeto	21.539	19.462	2.077	25.797	23.598	2.199
Fund. Incompleto	814.681	767.100	47.581	956.011	900.856	55.155
Fund. Completo	436.179	407.226	28.953	539.661	489.611	50.050
Médio Incompleto	169.680	149.917	19.763	227.658	199.197	28.461
Médio Completo	452.707	384.457	68.250	643.128	540.849	102.279
Superior Incompleto	19.985	15.976	4.009	25.417	20.501	4.916
Superior Completo	35.307	28.755	6.552	46.325	35.207	11.118
Total	1.950.078	1.772.893	177.185	2.463.997	2.209.819	254.178

Fonte: CAGED Lei 4.923/65, 2011

Elaboração: NPI/DIEESE

Quando são analisados os dados relativos às contratações e demissões de trabalhadores por faixa de remuneração (tabela 3), por salário mínimo, observa-se que elas ocorrem principalmente entre aqueles que recebem os menores salários. Observa-se que apesar da exigência de maior qualificação, maior escolaridade, o

rendimento no setor ainda continua muito baixo, mesmo em período positivo e com grande demanda por mão de obra.

Tabela 3 – Admitidos, desligados e saldo no setor da construção civil, por faixa de salário mínimo no Brasil - 2009 e 2010

FAIXA DE REMUNERAÇÃO	2009			2010		
	ADMITIDOS	DESLIGADOS	SALDO	ADMITIDOS	DESLIGADOS	SALDO
Até 0,5 salário mínimo	6.500	4.761	1.739	8.842	7.852	990
De 0,51 a 1 salários mínimos	152.229	118.779	33.450	183.272	131.077	52.195
De 1 a 1,50 salários mínimos	789.795	648.735	141.060	1.056.363	860.008	196.355
De 1,51 a 2 salários mínimos	608.122	553.589	54.533	766.270	690.199	76.071
De 2,01 a 3 salários mínimos	246.819	271.817	-24.998	284.863	315.205	-30.342
De 3,01 a 4 salários mínimos	69.075	80.864	-11.789	81.350	99.212	-17.862
De 4,01 a 5 salários mínimos	26.805	32.934	-6.129	29.288	37.557	-8.269
De 5,01 a 7 salários mínimos	20.909	26.942	-6.033	23.509	31.821	-8.312
De 7,01 a 10 salários mínimos	13.393	16.090	-2.697	14.980	17.950	-2.970
De 10,01 a 15 salários mínimos	5.691	7.415	-1.724	6.501	8.412	-1.911
De 15,01 a 20 salários mínimos	2.037	2.443	-406	2.258	2.637	-379
Mais de 10 salários mínimos	1.792	2.246	-454	1.971	2.301	-330
Ignorado	6.911	6.278	633	4.530	5.588	-1.058
Total	1.950.078	1.772.893	177.185	2.463.997	2.209.819	254.178

Fonte: Caged. Lei 4.923/65, 2011
Elaboração: DIEESE

Quando analisa-se as relações entre o salário e a escolaridade (tabela 4), vemos que o crescimento do salário daqueles trabalhadores que possuem ensino médio completo teve um crescimento irrisório, passou de R\$ 956,38 em 2009 para R\$969,00 em 2010.

Tabela 4 – Salário Médio Real de admissão e desligamento segundo escolaridade no setor da construção civil (em R\$) no Brasil - 2009 e 2010

FAIXA DE REMUNERAÇÃO	2009		2010	
	ADMITIDOS	DESLIGADOS	ADMITIDOS	DESLIGADOS
Analfabeto	658,03	697,38	678,14	727,58
Fundamental Incompleto	752,6	821,59	776,54	850,74

Fundamental Completo	808,84	873,15	829,92	902,44
Médio Incompleto	793,68	868,75	813,86	893,04
Médio Completo	956,38	1.058,82	969	1.074,43
Superior Incompleto	1.272,22	1.426,27	1.274,35	1.427,72
Superior Completo	3.279,54	3.583,16	3.370,19	3.583,85
Total	866,09	937,74	894,78	968,33

Fonte: MTE. Caged, 2011

Elaboração: DIEESE

Nota: 1) A preços do IPCA-IBGE médio de 2010

2) Inclui mestrado e doutorado

Muitas das obras são de importância vital para os eventos que vão ocorrer no país em 2014 e 2016 (Copa do Mundo e Jogos Olímpicos respectivamente). As grandes construtoras de infraestrutura, assim como as empresas imobiliária podem ser obrigadas a pagar multas altíssimas por atraso de entrega dos empreendimentos. Essa necessidade de cumprir com o cronograma proposto associada a uma alta demanda por profissionais, deu aos operários do setor um alto poder de negociação dos pisos salariais.

De acordo com os registros do SAS-DIEESE3, dos 57 pisos salariais registrados para o setor, apenas um foi reajustado seguindo as variações do INPC-IBGE. Todos os demais pisos tiveram reajustes superiores, sendo que em alguns casos o piso chegou a aumentar cerca de 8% a mais do que o valor de reajuste inflacionário, representando um ganho real do poder de compra desses funcionários.

3.3 Condições de Trabalho no Setor

As greves recorrentes no setor demonstram uma insatisfação dos operários em relação às suas condições de trabalho. Segundo informações do Sistema de Acompanhamento de Greves do DIEESE (SAG/DIEESE), a principal reivindicação dos mais de 160 mil operários da construção participaram de greves no país (dados de março de 2011), são as condições dos canteiros de obra e jornadas muito extensas de trabalho (ESTUDO SETORIAL DA CONSTRUÇÃO, 2011).

Outro fator alarmante no setor é o número de mortes que ocorrem nos canteiros de obras. Segundo o Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho DE 2011 (2012) (mais recente disponível), do Ministério da Previdência Social, o número de mortes na no setor construção, para o ano de 2011 foi de 454 pessoas, o que representa cerca de 15% do total de óbitos somados para todas as profissões. Esse número, segundo dados do mesmo anuário, representava cerca de 18% do total de acidentes com óbito e vem diminuindo, ainda assim apresenta valores altos em relação às demais profissões.

Na tentativa de melhorar essa situação, segundo informações liberadas no site da secretária geral da Presidência da República em 2012, foram realizadas dezoito reuniões e três plenárias, afim de acordar um termo de compromisso visando melhorias nas condições de trabalho do setor. O resultado foi um Compromisso Nacional de Aperfeiçoamento das Condições de Trabalho na Industria da Construção. (SITE DA SECRETARIA GERAL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2012)

O texto disponível no site do governo, reúne diretrizes sobre recrutamento e seleção; formação e qualificação profissional; saúde e segurança; representação sindical no local de trabalho; condições de trabalho, e relações com a comunidade.

3.3.1 Geração de Lixo

A baixa produtividade do setor, associada a uma baixa qualidade e a um grande desperdício de materiais por perdas, coloca a construção civil no topo das atividades que geram impacto negativo no meio ambiente. Pesquisas realizadas no Reino Unido mostram que o pobre desempenho da construção civil em 1994 foi praticamente o mesmo de 1934, e o custo da ineficiência e desperdícios representavam 30% do custo total da indústria da construção (MEDEIROS, 2012). Segundo (LÊ, BRONN, 2007), grande parte dessa ineficiência é causada pela falta de foco na transferência de conhecimento e experiência entre os responsáveis pelas operações e os projetistas.

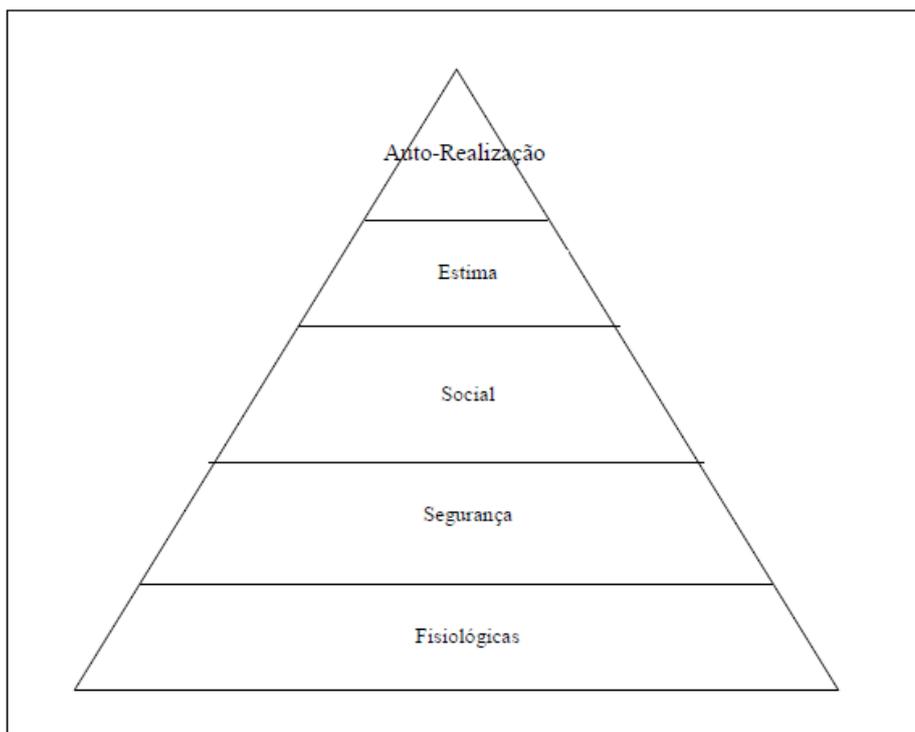
3.3.2 Tecnologia de Informação

A tecnologia de informação que se desenvolveu a partir dos anos 90 vem sendo usada por diversos segmentos da indústria como agente de controle e otimização dos resultados, porém, devido ao baixo nível educacional dos trabalhadores do setor da construção, se torna difícil a inserção de equipamentos eletrônicos no dia-a-dia da obra. Algumas construtoras já adotaram sistemas de controle eletrônico, mas para a grande maioria, os custos com o desenvolvimento do sistema, a aquisição da tecnologia e o treinamento dos funcionários, tornam inviáveis esse tipo de investimento.

3.4 Força de Trabalho

Os treinamentos são reconhecidos como essenciais para o desenvolvimento da indústria da construção. Com a implantação correta dos mesmos, resultando em uma efetiva educação da força de trabalho, poderiam ser reduzidos substancialmente os custos de improdutividade e melhorar a qualidade dos produtos finais (EGAN, 1998).

No entanto, o setor da construção encontra dificuldades para motivar a sua força de trabalho. Abranham MASLOW (1954) propôs uma maneira de priorizar a necessidade humana, que ficou mais conhecida como Pirâmide de Maslow. Segundo MASLOW (1954), o homem não consegue enxergar ganhos nas etapas superiores da pirâmide sem ter saciado suas necessidades mais básicas. Na pirâmide ele propõe uma ordem de priorização das mesmas. Na figura 3 podemos observar a ordem por ele sugerida, partindo nas necessidades básicas de sobrevivência até as necessidades de auto realização.



*Figura 3 – Pirâmide de Prioridades de Maslow
Fonte: Gomes, 2006*

Os funcionários da indústria da construção, devido aos baixos salários e aos baixos níveis educacionais, seguindo a Pirâmide de Maslow, estariam inseridos na base da pirâmide. Portanto, para que se sintam motivados, é preciso dar meios para que eles satisfaçam suas necessidades básicas, e ainda, para manter a motivação, é preciso dar possibilidades de avançar em suas conquistas.

É, portanto, muito difícil conciliar os treinamentos educacionais para os funcionários da construção civil ao que para eles é visto como prioridade e motivador. Isso acontece pois os treinamentos não agregam valores financeiros, que são os meios para se saciar as necessidades primárias dos funcionários (alimentação, bebida, moradia, vestimenta e etc.).

A alta rotatividade dos funcionários dificultam ainda mais o desenvolvimento de treinamentos efetivos para os mesmos. Os treinamentos oferecidos, são em sua maioria, executados durante o dia-a-dia da obra, oferecendo uma deficiência na formação dos funcionários e processos produtivos de alto risco. Justamente por essa deficiência de formação, temos trabalhos executados de forma errada ou com baixa

qualidade, o que geram necessidades de refazer, colaborando para os índices de baixa produtividade e altos desperdícios (MEDEIROS, 2012).

4 Adaptação dos conceitos do Lean Production na Construção Civil

A adaptação dos conceitos de *lean*, difundidos nas indústrias fabris, para a indústria da construção civil são mais difíceis de serem implementadas. Como já citamos acima, as características artesanais do sistema produtivo das construções dificultam a padronização dos processos e conseqüentemente invalidam as técnicas de controle de qualidade e produtividade clássicos.

Para que possamos utilizar os conceitos do Lean nas obras é preciso pensar em cada obra como uma fábrica por si só. Os principais processos de cada obra devem ser estudados e otimizados, sendo muito difícil o reaproveitamento de resultados obtidos em um canteiro para outro. É importante observar que a diferença no pensamento, na forma de gerenciar e planejar, que irá permitir a classificação do sistema em um sistema enxuto.

Segundo Formoso (2002), o modelo conceitual predominante da construção civil é o de que a produção é um conjunto de atividades de conversão, que transformam insumos em produtos intermediários ou finais. Esse processo de conversão pode ser subdividido em sub processos e o esforço pra minimizar o custo total de um processo é focado no esforço de minimizar cada sub processo separadamente. Outra questão importante é que o valor do produto de um sub processo é associado somente ao custo de seus insumos. Seguindo essas ideias são realizados os orçamentos e o planejamento de obras.

No entanto, seguindo uma linha de pensamento enxuto, é fácil observar que existem sub processos que compõem os fluxos físicos das atividades de conversão que não são consideradas por não agregarem valor ao produto final, ou seja, o cliente não paga por elas. Na prática, processos como espera, retrabalho e transporte de materiais impactam muito nas horas trabalhadas, no entanto, essas atividades não são pensadas como parte integrante do processo produtivo.

Devido à falta de inclusão dessas atividades no ciclo de produção, quando se pensa em otimização, não são pensadas maneiras de diminuir o tempo gasto com atividades que não agregam valor. Os trabalhos de otimização visam melhorar apenas o desempenho das atividades que agregam valor, o que não garante uma melhoria efetiva no final do processo. Por exemplo, estima-se que 67% do tempo gasto por operários em um canteiro de obras é gasto executando tarefas que não agregam valor. (FORMOSO, 2002), seguindo essa mentalidade, só poderíamos otimizar os outros 33% do tempo produtivo.

Segundo o mesmo autor, também é necessário adaptar os pensamentos de valores finais às necessidades dos clientes (internos e externos), ou seja, pensando na função que será exercida e nas características funcionais que o meu produto final deve obter. O processo deve ser pensado para garantir a continuidade sem a criação de novas atividades que não agregam valor.

KOSKELA (1992) afirma que os processos existentes na construção civil seguem basicamente o mesmo fluxo, passando por transportes, espera, processamento e inspeção do produto. No entanto, ainda segundo ele, a única dessas atividades que realmente agrega valor ao produto é o processamento, onde o material é desenvolvido naquilo que o cliente irá pagar.

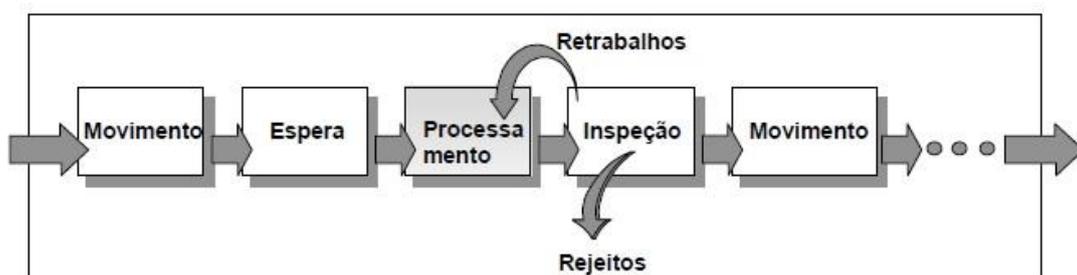


Figura 4 – Modelo de Processo

Fonte: KOSKELA, 1992.

4.1 Os princípios Lean na Construção

Segundo KOSKELA (1992), os processos devem ser adaptados seguindo alguns princípios (teóricos e práticos), são os seguintes:

- Reduzir a quantidade de atividades que não agregam valor, ou seja, eliminar do processo as atividades desnecessárias e projetar ferramentas, moldes, suportes ou apoios que substituam pessoas em atividades que não agregam valor porém se fazem necessárias.
- Focar no interesse do cliente e produzir apenas o que este consumirá, propiciando melhor controle dos estoques internos e ganhos nas áreas.
- Reduzir a variabilidade nos processos, a partir da padronização das atividades, o que inibe que cada trabalhador execute o processo de forma diferente, reduzindo a possibilidade de erros e perdas.
- Reduzir o tempo de ciclo, ou o chamado *lead time*, levando o produto ao cliente de forma mais rápida, por meio da agilização dos processos de movimentação e inspeção.
- Simplificar o processo, podendo este ser a partir da redução do número de atividades por operador, ou ainda pelo número de peças envolvidos em um único processo.
- Redução no tamanho dos lotes, o que KOSKELA (1992) denomina por aumento da flexibilidade de saídas. Lotes menores são entregues mais rápido e com melhor qualidade, reduzindo ainda, o *lead time*.
- Aumentar a transparência no processo, evidenciando erros, falhas e faltas de materiais, como por exemplo com a utilização de *andons*³, quadros *kanban*⁴ e *heijunka*⁵.
- Executar controle em todas as etapas do processo, por meio de métricas, expostas em indicadores de performance, produção e produtividade.

³ *Andons* é o sistemas de paradas na produção. Toda vez que é identificado um problema na linha de produção, sinais visuais são acionados e rapidamente busca-se solucionar o problema, falta de peças, máquinas com operação irregular são causas comuns de acionamento dos mesmos.

⁴ *Kanban* são cartões de sinalização que mostram para o operário o que deve ser produzido, quando e em qual quantidade.

⁵ *Heijunka* é o quadro de nivelamento de produção que dá suporte ao trabalho padronizado, tornando evidente, problemas casuais de falta ou excesso de material na linha, acelerando a percepção do problema e sua correção.

- Introduzir o *kaizen*, ou melhoria contínua em todo o processo, impondo metas de melhorias a partir de ideias geradas pelos próprios funcionários que atuam na frente de produção.
- Melhorar os fluxos pela melhoria das conversões, ambos estão interligados, contudo é caracteristicamente mais fácil alterar um fluxo a uma conversão, contudo os melhores resultados são obtidos na aplicação de novas tecnologias de conversão.
- Executar o *benchmarking*, ou seja, buscar no mercado externo soluções para inovar a frente de serviço, sejam novos equipamentos ou procedimentos operacionais.

4.2 Ferramentas mais usadas no Lean Construction

4.2.1 Sistema 5S

Uma delas é o sistema 5S. O sistema foi criado no Japão e é a sigla de cinco palavras japonesas que representam os sentidos de utilização, organização, limpeza, padronização e autodisciplina. A ferramenta busca a ordem através da organização, onde as coisas devem estar nos lugares devidos e devem possuir um lugar.

O sistema 5S deve ser implementado seguindo uma metodologia. Seguindo senso de utilização, o primeiro deles, devem ser separados os objetos úteis daqueles que não são utilizados, e deve limite ser especificada uma data para eliminação dos objetos parados. Todos os objetos (documentos e ferramentas também) que não estão sendo utilizados devem ser marcados com etiquetas indicando a quem pertencem, a quantidade, o motivo da etiquetagem e a data a ser eliminado.

O senso de organização, classifica todos os objetos úteis. Informações como a quem pertence, onde pertence e quantos são. Segundo Pascal (2008), a organização deve garantir que qualquer pessoa possa encontrar qualquer coisa em qualquer momento e situações que ocorram fora do padrão sejam evidenciadas a todos.

Indicadores visuais, pinturas, controles e até mesmo os *poka yokes* fazem parte deste senso.

O senso de limpeza se relaciona com a moral dos trabalhadores. Um local de aspecto limpo e bem organizado melhora o nível de satisfação e de rendimento no trabalho. Nesse sentido, devem ser bem definidas as responsabilidades e os horários de limpeza (PASCAL, 2008).

A padronização é o processo de manutenção do que fora feito nos três primeiros passos. A equipe deve estar acostumada com a utilização dos outros sentidos iniciais. O último senso está ligado à promoção e divulgação do programa 5S. Responsáveis por disseminar e cuidar do programa devem ser treinados dentro de cada equipe.

4.2.2 O Sistema de *Kanbans*

O sistema de *Kanbans* é uma das principais ferramentas do JIT, sendo uma forma prática de controlar o que está sendo feito, quando está sendo feito e a qualidade do produto (SAYER e WILLIAMS, 2007). *Kanbans* são pequenos cartões que ficam expostos em quadros (figura 5) na frente de produção e possuem em um lado as informações do produto sendo executado. Quando a tarefa é finalizada o cartão é virado sinalizando a conclusão da mesma.

Pascal (2008) ressalta a importância do acompanhamento diário do quadro, que proporciona o controle da produção enxuta e indica que sejam feitas reuniões em volta do quadro para que se possa acompanhar os processos.



Figura 5 – Cartão do Sistema de Kanbans

Fonte: Steinbock, 2011

4.2.3 Mapeamento do Fluxo de Valor

A melhor maneira de eliminar desperdícios embutidos no processo produtivo é fazer um mapeamento e entender aonde eles existem. Pascal (2008), afirma que é preciso observar o dia a dia, fazer filmagens e análises com a equipe que participa dos processos, e identificar o que está sendo feito a cada minuto. Com esses dados em mãos, pode-se montar um fluxo real daquilo que está sendo executado e do fluxo de informações e mercadorias.

A visualização e análise do mapa de fluxo de valor é o primeiro passo para identificar possibilidades de melhoria (PASCAL, 2008).

4.2.4 Diagrama de Spaghetti

De acordo com Sayer e Williams (2007), as pessoas tendem a não perceber a quantidade de desperdício contido na movimentação e é possível, apenas mapeamento as movimentações, ter um ponto de partida para as melhorias.

O procedimento consistem em rabiscar em uma planta baixa, de forma bem simples, a movimentação de um operário ou um produto no decorrer do

processamento. Com isso podemos calcular a distância caminhada pelo funcionário/produto em questão. Na figura 5 podemos ver um exemplo do diagrama. A figura 6 ilustra um exemplo de diagrama de Spaghetti elaborado para um sistema de manutenção preventiva na cabine de um avião.

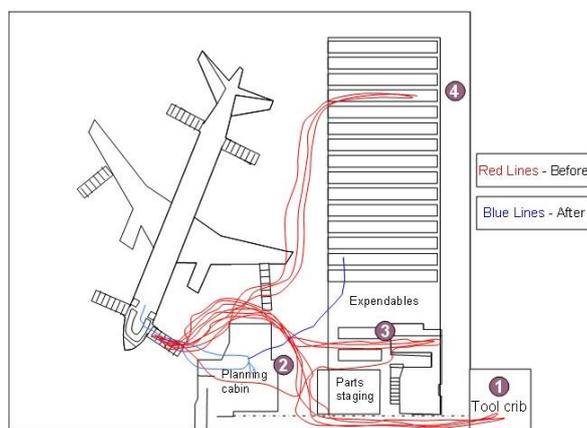


Figura 6 – Diagrama de Spaghetti

Fonte: AirWeek, 2010

4.2.5 Análise de Tempos de Atividades

A próxima ferramenta, consiste em listar em uma tabela ou quadro, o passo a passo das atividades realizadas e cronometrados os tempos de cada uma, afirma PASCAL (2008). A tabela deve conter o máximo de detalhamento possível para que se possam ser extraídas todas as informações necessárias em relação ao processo.

Segundo o autor, depois de listadas, as atividades devem ser classificadas entre atividades que agregam valor (o cliente paga por elas), atividades que não agregam valor mas não podem ser totalmente eliminadas (ex: um operador segura uma barra para que outro operador possa realizar a solda) e atividades que não agregam valor e são simplesmente desperdício.

A tabela 5 servirá para dar continuidade ao processo de melhoria, por isso, deve ser o mais clara possível para que todos possam entender.

Tabela 5 – Análise de Tempos

Elementos da Operação

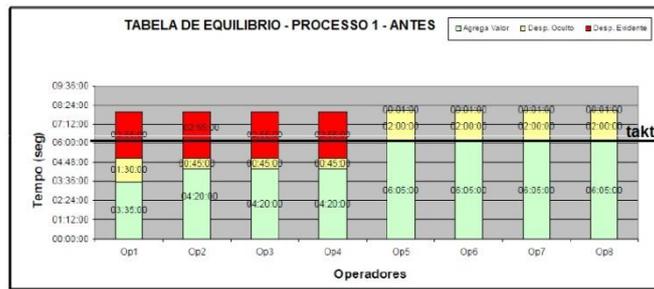
Elementos	Estaca	Processo	Dobra dos estribos				DATA:	
Videos:	04. Dobra dos estribos							
Item	Elemento	Inicio	Fim	Tempo Atual (Segundos)	AV	Desperdício Oculto	Desperdício Aparente	Check
1	Posicionamento da barra nº1	00:00:00	00:00:02	00:00:02	1			1
2	Operacionamento da maquina de dobra, barra nº1	00:00:02	00:00:12	00:00:10	1			1
3	Posicionar chave de barra p/ auxilio da maquina , barra nº1	00:00:12	00:00:46	00:00:34	1			1
4	Afrouxar estribos da maquina de dobra , barra nº1 com auxilio de chave de barra	00:00:46	00:01:00	00:00:14		1		1
5	Retirar estribos da maquina de dobra barra nº1	00:01:00	00:01:05	00:00:05		1		1
6	Posicionamento da barra nº2	00:01:05	00:01:19	00:00:14	1			1
7	Operacionamento da maquina de dobra, barra nº2	00:01:19	00:01:24	00:00:05	1			1
8	Posicionar chave de barra p/ auxilio da maquina , barra nº2	00:01:24	00:02:07	00:00:43	1			1
9	Afrouxar estribos da maquina de dobra , barra nº2 com auxilio de chave de barra	00:02:07	00:02:17	00:00:10		1		1
10	Retirar estribos da maquina de dobra barra nº2	00:02:17	00:02:20	00:00:03		1		1

Fonte: Steinbock, 2011.

A tabela de equilíbrio (tabela 6) representa como cada componente do processo se comporta em relação ao tempo *takt* de produção. Ela consiste na disposição das atividades de acordo com a classificação de sua importância. Podem ser identificados então a parcela de tempo do *takt* que não está agregando valor e que está oculta.

Na tabela 6 temos o exemplo da distribuição dos tempos de trabalho em uma atividade antes da otimização dos processos. A parcela vermelha representa desperdícios evidentes e a parcela amarela desperdícios ocultos. Apenas na parcela verde estão sendo executadas tarefas que agregam valor ao produto. Podemos identificar portanto uma possibilidade de melhoria do processo.

Tabela 6 – Tabela de Equilíbrio



Fonte: Steinbock, 2011

4.2.6 Otimização de *Layouts*

Uma ferramenta essencial para padronização do trabalho e manutenção das implementações é a atenção ao *layout* do espaço de trabalho (PASCAL, 2008).

Para um bom planejamento de *layout*, de acordo com deve-se ter como base algumas diretrizes como a identificação dos locais de ferramentas e materiais, a utilização de áreas horizontais sempre que possível, que facilitem e reduzam a quantidade de esforço por parte do operário e sempre muito bem identificado quanto a áreas de circulação, postos de trabalho e de estoque.

5 Aplicação e Análise da Metodologia

O estudo foi realizado na central de armação de uma obra de infraestrutura com finalidade de atender aos eventos esportivos internacionais que irão acontecer no país. Foram aplicados conceitos de Lean Construction na tentativa de otimizar os processos existentes na central de armação.

Para que possamos avaliar qualitativamente e quantitativamente os resultados obtidos, foram definidos indicadores comparativos.

A construtora contratada para realizar a obra, uma das maiores construtoras brasileiras de infraestrutura, contou com o auxílio de uma equipe de consultores que realizaram o projeto piloto. O projeto foi realizado durante o ano de 2012.

Antes do início das atividades, foi realizado um estudo aplicado em formato de *workshop*, onde a equipe que participou das modificações na central foi treinada, aprendendo sobre o STP e as ferramentas que ia ser aplicadas na central de armação. Os levantamentos de dados e aplicação dos estudos, realizados pela equipe com auxílio de um consultor especialista no assunto, foram divididos em três etapas de acordo com a seguinte proposta:

Análise de capacidade:

- a) Levantamento da demanda;
- b) Mapeamento do processo;
- c) Filmagens;
- d) Análise e classificação das atividades;
- e) Qualificação dos desperdícios;
- f) Identificação dos gargalos produtivos.

Análise do fluxo produtivo:

- a) Diagrama de *Spaghetti*;
- b) Análise dos pontos chave e otimização do fluxo de valor.

Aplicação:

- a) Reformas e adequações de ferramentas de 5S;
- b) Aplicação de *poka-yoke*;
- c) Aplicação de *andons*;
- d) Redimensionamento de equipes e elaboração de manuais de execução;
- e) Construção dos quadros *kanban*;

Após o levantamento de dados e a aplicação das ferramentas, elaborou-se um comparativo entre os resultados obtidos no *workshop* e a situação da central de armação anterior à aplicação do mesmo, para possível avaliação dos impactos causados nos processos a partir do estudo de caso.

5.1 Estrutura do Local

Localizada na cidade de Manaus, tendo como contratante o Governo de Estado do Amazonas, a obra possui fontes de recurso do governo local e do Banco Nacional do Desenvolvimento.

A obra possui dois canteiros, o canteiro central, com cerca de 84.000 metros quadrados e outro, onde estão situadas as áreas de apoio, como suprimentos, administração e manutenção, bem como as centrais industriais, de concreto, armação e pátio de pré-moldados. Ambos estão localizados na mesma rua, na zona centro-sul de Manaus.

A estrutura principal do empreendimento é mista (associando estrutura metálica com concreto armado). O volume total de concreto estimado em projeto é de 65.000 metros cúbicos, que vão contar com mais de 5.000 toneladas de aço de armadura. A estrutura metálica será constituída por vigas tipo caixão que somam mais de 6.000 toneladas de massa.

Serão necessários, durante todo o desenvolvimento da obra, cerca de 227.000 metros quadrados de área de forma. Além disso, serão 408.000 metros cúbicos de escavação e mais de 40 quilômetros de fundação do tipo estaca hélice.

No período de estudo, a obra contava com um avanço físico de 28%, cerca de mil trabalhadores, onde 96% constituíam o quadro de operários locais. Estavam alocados nas frentes de serviço 85 equipamentos e o cronograma estava dentro do planejamento inicial da obra.

Uma grande dificuldade dessa obra, segundo os engenheiros da mesma, é a dificuldade de acesso de materiais à cidade. Localizada as margens do Rio Negro, Manaus possui conexão rodoviária em condições de utilização, apenas com o estado de Roraima, para as outras regiões do país o acesso é limitado aos modais fluviais ou aéreos, aumentando os custos de forma expressiva.

As condições climáticas da cidade representam outro fator complicador, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2010), a temperatura média mensal é superior a 31 graus Celsius (um valor aproximadamente 20% maior em relação à média do país). Aliado a isso, constam os altos percentuais de umidade relativa do ar, que variam entre 76% e 89% e índices pluviométricos que ultrapassam os 2.200 milímetros de precipitação por ano, onde as médias dos meses de Janeiro a Abril equivalem a três vezes a quantidade de precipitação dos outros meses no resto do ano.

Tais fatores são determinantes e acabam reduzindo os índices produtivos. O empreendimento possuía na época um dos piores índices produtivos se comparado aos outros 11 empreendimentos do mesmo tipo, construídos para o mesmo evento esportivo.

5.1.1 Central de Armação

A central de armações possui um corpo de funcionários que varia de 60 a 80 pessoas. Além de produzir (cortar, dobrar e montar) peças de aço para o

empreendimento em estudo, a central também atende a uma outra obra nas proximidades da região. As peças são montadas e levadas para a central de produção, onde são posicionadas para fazer a concretagem.

Todas as atividades dividem o mesmo espaço na execução dos processos, e logo na primeira visita já foi possível identificar uma série de pontos de potencial geração de não conformidades, bem como riscos de acidentes de trabalho. Um exemplo prático que foi identificado pode ser visto na figura 7, com a presença de um degrau de desnível de aproximadamente 40 centímetros de altura na área utilizada pela central.



Figura 7 – Central de Armação Pré-Otimização

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

A movimentação das peças é feita pelos próprios funcionários da central de armação, que movimentam as barras manualmente, carregando-as no ombro até o local de destino (figura 8). Essa postura, além de ser prejudicial à saúde dos funcionários que carregam as barras é também arriscada para os outros funcionários que circulam pelo canteiro, já que a ponta das barras pode atingir os mesmos.



Figura 8 – Movimentação de Materiais

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

No período de estudo, eram produzidos na central de armação as estruturas de aço que atendem a armação de blocos de fundação, estacas hélice, degrau de arquibancada e vigas de arquibancada. As estruturas produzidas possuíam até 9m de comprimento (estacas hélice), no entanto podemos observar na figura 8, a presença de pilares com distância de aproximadamente 3 metros entre si, representando um fator crítico no momento de retirada das peças prontas da central.

Outro ponto limitador da central é o tamanho do pé-direito. A altura disponível não atendia à distância mínima necessária para o posicionamento de estruturas de auxílio na movimentação das armaduras. Seria necessário no mínimo 2,5 m de altura livre, para a montagem de estruturas tipo pórtico com rodízios e talhas de içamento devido ao elevado peso de algumas peças pré-montadas.

Podemos ver na figura 9 o *layout* do galpão utilizado para os trabalhos, sendo o número 1 a área de armação, o número 2 uma pequena central de carpintaria e nos pontos identificados com A temos as áreas de estoque de barras.

As áreas de depósito, não possuíam identificação e ficavam afastadas das linhas de produção, demandando portanto, de mais tempo gasto para realizar o



Figura 10 – Trabalhador com Postura Curvada

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

A situação em que se encontrava a central de armação no início do desenvolvimento do estudo de caso remete a ausência de programação visual para aqueles que estão na frente de serviço, *layout* com restrição de espaço e acessos mal estruturados, o fluxo de produção com grande necessidade de movimentação dos funcionários, ausência do sistema 5S, promovendo a falta de organização do local e atividades que representavam riscos de acidente e ergonômicos aos funcionários.

5.2 Aplicação do Estudo

5.2.1 Análise da Capacidade

O primeiro passo do estudo de caso foi avaliar a situação real de capacidade produtiva da central de armação a partir da avaliação da demanda. Foram feitos mapeamentos e filmagens das atividades executadas na central, possibilitando a avaliação dos processos e conseqüentemente a identificação de problemas existentes no modelo até então implementado.

5.2.1.1 Levantamento da Demanda

O levantamento da demanda da central de armação foi executado a partir da avaliação dos apontamentos de produção diários realizados pela equipe de produção da central. Foram identificados os tipos de elementos solicitados diariamente durante o período de uma semana e a quantidade de material e trabalho necessário para fabricação de cada um dos elementos. Foram identificados, assim, três tipos de famílias de materiais a serem produzidos, no caso, degraus de arquibancada, blocos de fundação e estacas hélice.

A demanda de um dia está descrita na tabela 5, onde consta a quantidade de peças demandadas para fabricação, a quantidade de aço utilizado, a quantidade de equipes envolvidas na montagem das peças e o número de colaboradores que formam cada equipe.

Tabela 7 – Demanda Central de Armação

Família	Quantidade (un/dia)	Peso Médio Unitário (kg)	Número de Equipes (un)	Colaboradores por Equipe (un)
DEGRAU	4	200	2	5
VIGA	1	1100	1	6
ESTACA	20	545	4	6

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

A demanda diária total da central de armação, para a obra estudada, fica em torno de 12,8 toneladas de aço.

5.2.1.2 Mapeamento dos Processos

Foram desenhados fluxogramas para mapeamento dos processos produtivos da central. Os mesmos referem-se a como ocorre a movimentação dos materiais pela linha de produção até a entrega do produto final. Os processos de corte, dobra e montagem dos elementos que compõem os estacas hélice, vigas de arquibancada, degraus e blocos de fundação, se encontram nas figuras 11, 12, 13 e 14 respectivamente.

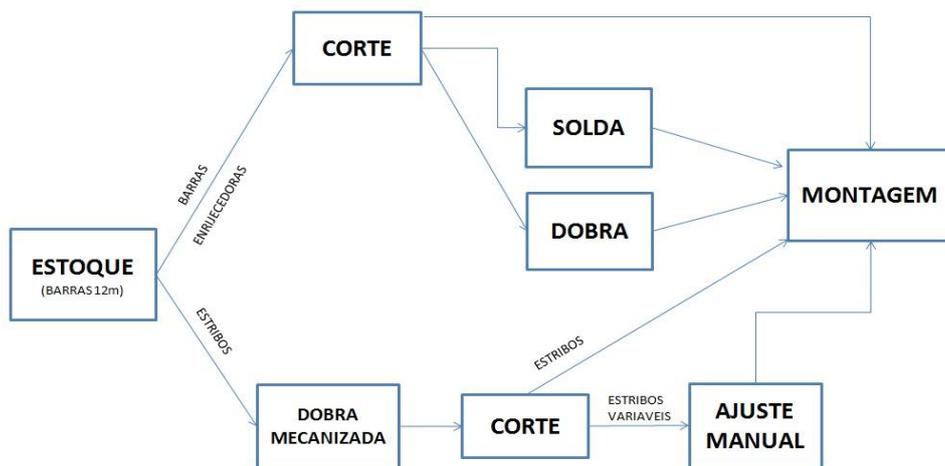


Figura 11 – Fluxograma de Produção de Escadas

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

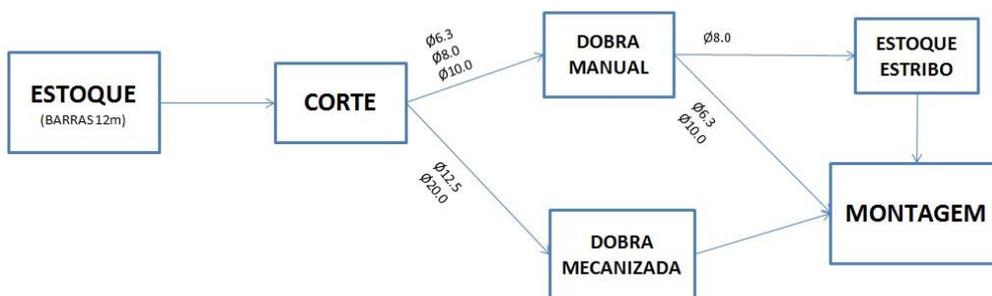


Figura 12 – Fluxograma de Produção de Vigas

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

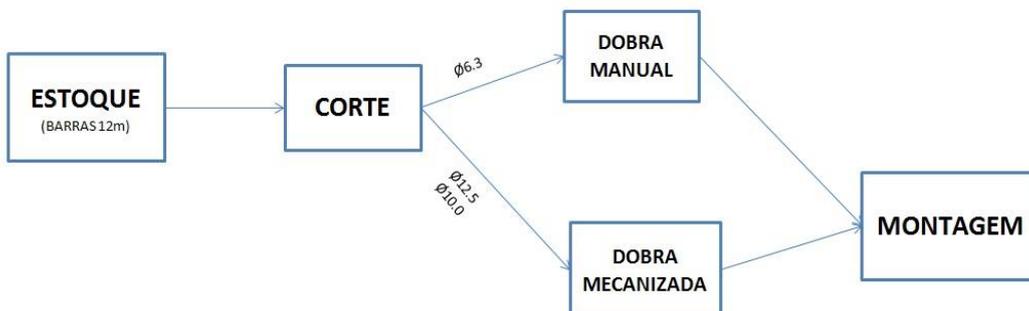


Figura 13 – Fluxograma de Produção de Degraus

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

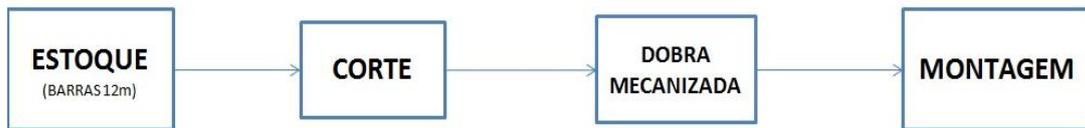


Figura 14 – Fluxograma de Produção de Blocos

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

5.2.1.3 Filmagens

Após o mapeamento dos processos, foi possível realizar filmagens diárias da produção. As filmagens foram realizadas acompanhando todas as etapas dos processos mapeados (figura 15).

O intuito era obter, a partir da observação dos vídeos, dados para identificar e entender as atividades minuto a minuto, e assim, encontrar os tipos de desperdício presentes dentro do desenvolvimento das mesmas e indicar gargalos produtivos em potencial. Todos os componentes das equipes participaram dos processos de filmagem, posicionando as câmeras de forma a captar as ações de todos os envolvidos nos processos, em todos os momentos de desenvolvimento da atividade.



Figura 15 – Filmagem dos Processos Construtivos

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

5.2.1.4 Análise e Classificação das Atividades

Para a avaliação dos vídeos, a equipe de pesquisadores foi dividida em pequenos grupos. Cada pesquisador devia, no processo de análise dos vídeos, acompanhar apenas um participante do processo, durante todo o desenvolvimento da atividade, de forma que relate todos os procedimentos desenvolvidos pelo colaborador observado, com a cronometragem do tempo que o mesmo leva para desenvolver tal procedimento e preencher, assim, a tabela 8, utilizada para imputar as informações em um *software* de apoio, fornecido pela consultoria.

Tabela 8 – Análise de atividades

NOME DA ATIVIDADE:	DESCRIÇÃO MACRO DA ATIVIDADE											
FUNCIONÁRIO:	TEMPO	TEMPO TOTAL	PRODUÇÃO	CARREGAMENTO	MOVIMENTO	ESPERA	TRANSPORTE	CONTROLE	REGISTRO	INTERRUPÇÃO	OBSERVAÇÃO	AJUSTE
ATIVIDADE												

Fonte: Steinbock, 2012

O *software* recebe as informações de descrição da atividade realizada, juntamente com o tempo de desenvolvimento da mesma (tabela 8), e aliado a isso, são inseridas as classificações dos tipos da atividade e quais seus valores na execução do produto.

O *software*, então, converte as informações, fazendo a soma total dos tempos das atividades que agregam valor ao produto, a soma das atividades que representam desperdícios ocultos e a soma dos tempos daquelas que representam desperdícios evidentes. A partir da proporção desses tempos em relação ao tempo total de

execução da tarefa, podemos elaborar o gráfico de pizza e a tabela de equilíbrio (figura 16).

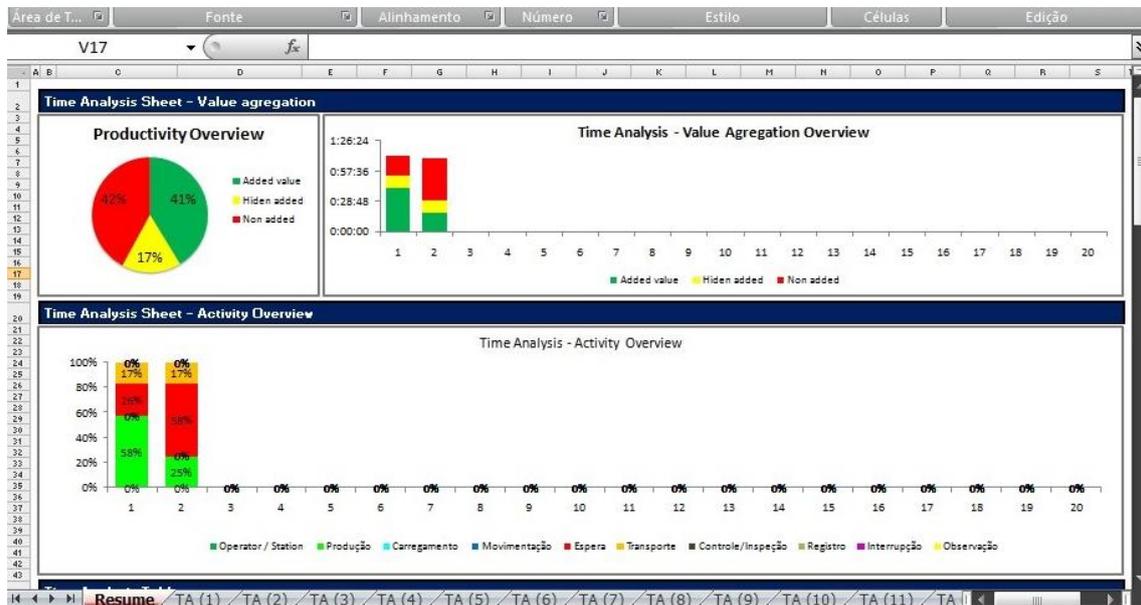


Figura 16 – Gráficos Gerados no Software

Fonte: Steinbock, 2011.

Após a avaliação dos vídeos com a situação atual da central de armação e transferência dos dados para o computador, obteve-se o gráfico de pizza do processo de armação de degraus, por exemplo, apresentado na figura 17.

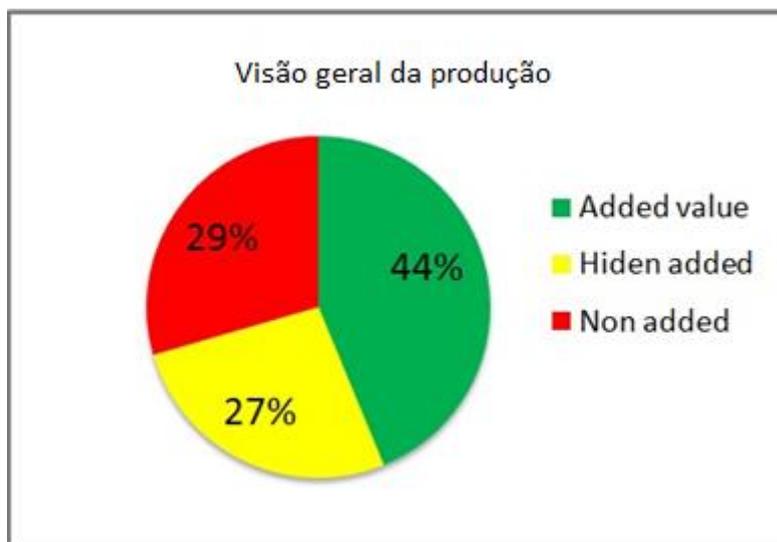


Figura 17 – Gráfico de Pizza - Execução de Degraus

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

Como é possível visualizar na figura 17, apenas 44% das atividades realizadas para fabricação de degraus agregam valor ao produto final, o que representa um grande potencial de melhorias nos processos. Os 56% das atividades restantes não agregam valor algum ao produto, representando processos que podem ser excluídos ou readequados com a aplicação de outras ferramentas.

Na figura 18, é observada a tabela de equilíbrio das atividades de montagem de degrau. Cada barra vertical representa um colaborador na atividade, enquanto as cores classificam o tipo de valor que a atividade que os mesmos realizam possui dentro do processo. Como é perceptível após análise da tabela, o processo se comporta de forma desequilibrada, com tempos de entrega diferentes e trabalho não padronizado. Como exemplo, os trabalhadores 2 e 4, trabalham mais agregando valor, quando comparados aos trabalhadores 1, 3 e 5.

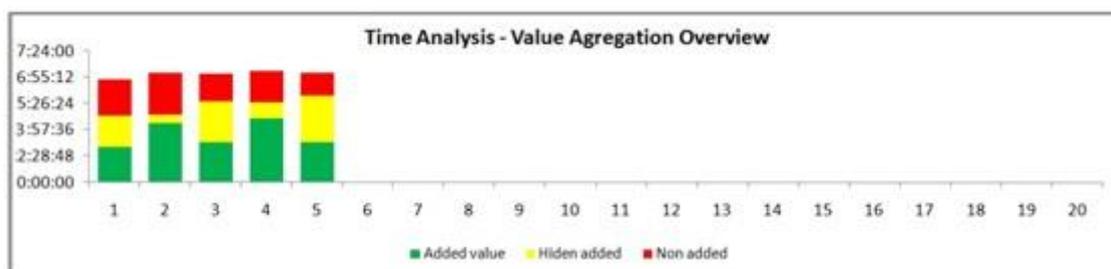


Figura 18 – Equilíbrio de Atividades de Armação de Degraus

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

5.2.1.5 Qualificação dos Desperdícios

Para preenchimento das tabelas de avaliação das atividades, é necessário compreender quais são os tipos de desperdícios presentes nos processos da central de armação. Em reunião a equipe definiu as características de cada uma das atividades que não agregavam valor ao processo. Foi definido um tipo de atividade que agrega valor, somando a cor verde ao gráfico, cinco atividades que possuem

desperdícios implícitos, porém são necessárias, classificadas como amarelas, e três atividades que não agregam valor algum ao produto final, as vermelhas.

As classificações e a descrição das atividades, vistas na tabela, consta a seguir:

- A única atividade que agrega valor é a produção de fato, ou seja, o que transforma o produto, no caso dos degraus, a distribuição de estribos, a amarração dos ferros e a colocação de barras na peça são exemplos de atividades de produção;
- A atividade de carregamento, classificada como amarela, refere-se à necessidade de abastecer a máquina em operação, seja de combustível ou de materiais, no caso da montagem dos degraus, não houve operação enquadrada neste item;
- O transporte, também classificado como amarelo no gráfico, é a atividade de carregar produtos pela linha de produção, ou seja, durante o processo de montagem, ter a necessidade de abandonar o posto de trabalho para carregar materiais;
- A terceira atividade enquadrada nos desperdícios implícitos é o controle. Tem-se por exemplo de controle na atividade avaliada, a necessidade de contar o número de estribos que constam na linha de produção para fabricação de um degrau, o que poderia ter sido feito anteriormente na bancada de corte e fornecido o lote completo para a montagem;
- O registro se enquadra como outra atividade amarela, este representa a necessidade de pausa para anotações de irregularidades ou problemas durante a produção;
- A última atividade classificada como desperdício implícito é o ajuste, cujo significado é a necessidade de correções no produto durante a montagem, ou seja, retrabalhos;

- A movimentação, atividade relacionada como desperdício evidente e, portanto, vermelha no gráfico, é o ato de caminhar pela linha de produção sem necessidade, por exemplo, um operário sair de sua estação de trabalho para conversar com outro colaborador;
- A espera é o desperdício mais presente no processo, neste, o funcionário necessita parar a produção para aguardar que alguma condição se normalize para que o mesmo possa prosseguir com sua atividade, por exemplo;
- A interrupção da atividade é o penúltimo tipo de desperdício evidente, esta ocorre quando todos da linha param por algum motivo, seja por algum incidente, instruções ou análises;
- Por fim, a última das atividades somada a porção vermelha do gráfico é a observação. Esta ocorre quando há a necessidade de parada do funcionário para observar o trabalho, geralmente ocorrido para verificação de projeto em atividades não padronizadas.

5.2.1.6 Identificação dos Gargalos Produtivos

Foram analisados os vídeos e classificadas as atividades realizadas nos processos de produção da central de armação quanto ao tipo de valor que esta agregava ao produto. Foi possível então, identificar onde estavam localizados os gargalos dos processos realizados na central. Para tal, utilizou-se uma adaptação da ferramenta de mapeamento do fluxo de valor, que seria uma simplificação do fluxo de valor definido anteriormente. A figura 19 expõe os locais críticos dentro dos processos da central de armação, foram avaliadas todas as operações e atribuídas tendências quanto às características dos desperdícios presentes nestas, ou ainda, a nulidade dos mesmos.

FAMILIA	PROCESSO	ATRASSO	SUPER PRODUÇÃO	TRANSPORTE	PROCESSO DESNECESSÁRIO	AREA	MOVIMENTAÇÃO	ESTOQUE	DEFEITO	ESPERA
ESTACAS	CORTE	↑	↔	↑↑	↓	↔	↑	↔	↓	↓
	DOBRA	↑	↔	↑↑	↓	↓	↑	↔	↓	↑
	MONTAGEM	↓	↔	↑	↔	↓	↑	↔	↔	↑
	SOLDA	↓	↔	↔	↓	↔	↔	↔	↓	↔
BLOCOS	CORTE	↑	↔	↑	↓	↔	↓	↔	↓	↓
	DOBRA	↔	↔	↓	↓	↓	↓	↔	↓	↓
	MONTAGEM	↔	↓	↓	↓	↔	↓	↔	↓	↓
VIGAS	CORTE	NÃO FORAM PRODUZIDAS VIGAS DURANTE O PERÍODO DE AVALIAÇÃO								
DEGRAUS	DOBRA	NÃO FORAM PRODUZIDAS VIGAS DURANTE O PERÍODO DE AVALIAÇÃO								
	MONTAGEM	NÃO FORAM PRODUZIDAS VIGAS DURANTE O PERÍODO DE AVALIAÇÃO								
	CORTE	↓	↓	↔	↓	↔	↓	↓	↓	↓
	DOBRA MANUAL	↔	↔	↓	↔	↔	↓	↔	↓	↓
MONTAGEM	DOBRA MECANICA	↔	↔	↓	↔	↓	↓	↓	↓	↓
	MONTAGEM	↓	↔	↓	↓	↓	↔	↓	↓	↓
		↑↑	↑		↔		↓			
		EXCESSIVO	PRESENTE		IRRELEVANTE		AUSENTE			

Figura 19 – Mapa do Fluxo de Valor da Central de Armação

Fonte: Steinbock, 2011.

Caracterizam-se, portanto, a partir da análise da figura 19, os processos realizados na construção de armações para estacas como o gargalo produtivo da central de armação, principalmente em questões de movimentação e transporte.

5.2.2 Análise do Fluxo Produtivo

Para poder aplicar alterações nos processos, foram feitas análises do fluxo produtivo de cada um dos elementos, de caráter quantitativo.

Foi utilizada a ferramenta de diagrama de Spaghetti para medir as distâncias percorridas pelos funcionários envolvidos nas atividades de corte e dobra de barras de aço para estacas e após quantificação dos valores, foram analisados os pontos potenciais de melhoria do fluxo de valor.

5.2.2.1 Diagrama de Spaghetti

Para a montagem do diagrama de Spaghetti, cada um dos pesquisadores acompanhou um colaborador no desenvolvimento da atividade, mapeando em um *layout* impresso da central os caminhos que este fazia quando executava as movimentações e transportes. Posterior a isso, mediu-se as distâncias de cada rota traçada pelo colaborador. Na figura 20 é possível visualizar o diagrama executado no local para a construção de apenas uma peça de estaca.

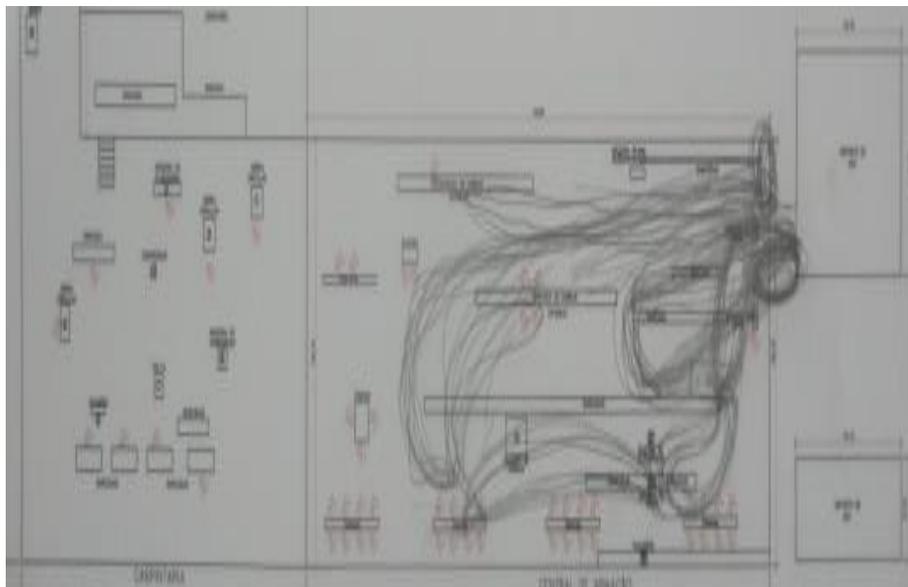


Figura 20 – Diagrama de Spaghetti da Central de Armação

Fonte: Própria, 2012.

Com a análise do diagrama e consolidação dos dados, foi constatado que para a execução de uma estaca, a equipe, constituída por seis colaboradores, necessita caminhar 2.940 metros em atividades de movimentação e transporte. Além do processo de montagem de armação das estacas, foram medidas as distâncias percorridas pelos colaboradores nos outros processos da central de armação. Os valores podem ser vistos na tabela 9.

Tabela 9 – Dados de Deslocamento na Central de Armação

Família	Produção/dia	Deslocamento Unitário (m)	Deslocamento Total (m)
Blocos	8	1971,2	15769,6
Degraus	4	395,5	1582
Estacas	20	2954,03	59080,6
Vigas	1	1945,4	1945,4
Deslocamento Total (m)			78377,6

Fonte: Steinbock, 2012

O valor elevado reflete as condições do fluxo produtivo da central, que se apresenta comprometido, principalmente por interferências físicas, como, por exemplo, as distâncias dos estoques de insumos até as estações de trabalho.

5.2.3 Aplicação

5.2.3.1 Análise dos Pontos Chave e Otimização do Fluxo de Valor

Após o levantamento dos dados e análise das atividades da central de armação, foi possível avaliar soluções para otimizar o fluxo de valor dos processos produtivos ali realizados. As alternativas a serem estudadas estão relacionadas à introdução das ferramentas utilizadas no chão de fábrica, em indústrias de manufatura e adaptadas à construção civil, além da revitalização das já utilizadas, como o sistema 5S.

O primeiro ponto analisado para a possível otimização do fluxo de valor foi a modificação da estrutura física do local. O foco dos trabalhos foi a reorganização dos equipamentos e materiais, para gerar valor e diminuir as movimentações internas. Os fluxos de materiais aconteciam de forma desordenada, sem padrão de entregas para os clientes internos. Foram propostos 2 *layouts* novos, como disposto na figura 21.

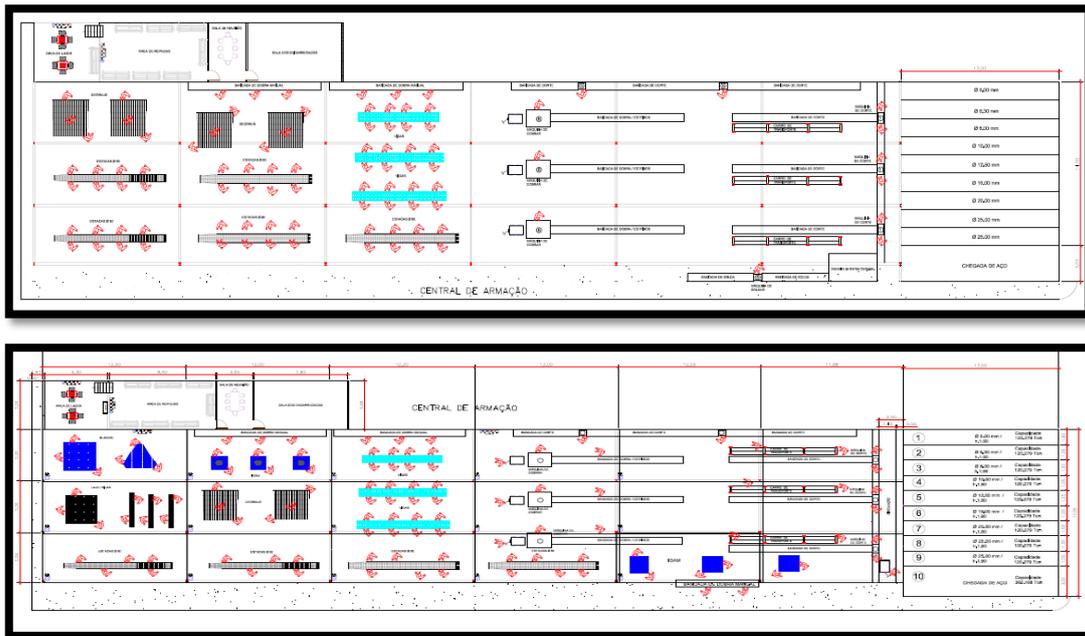
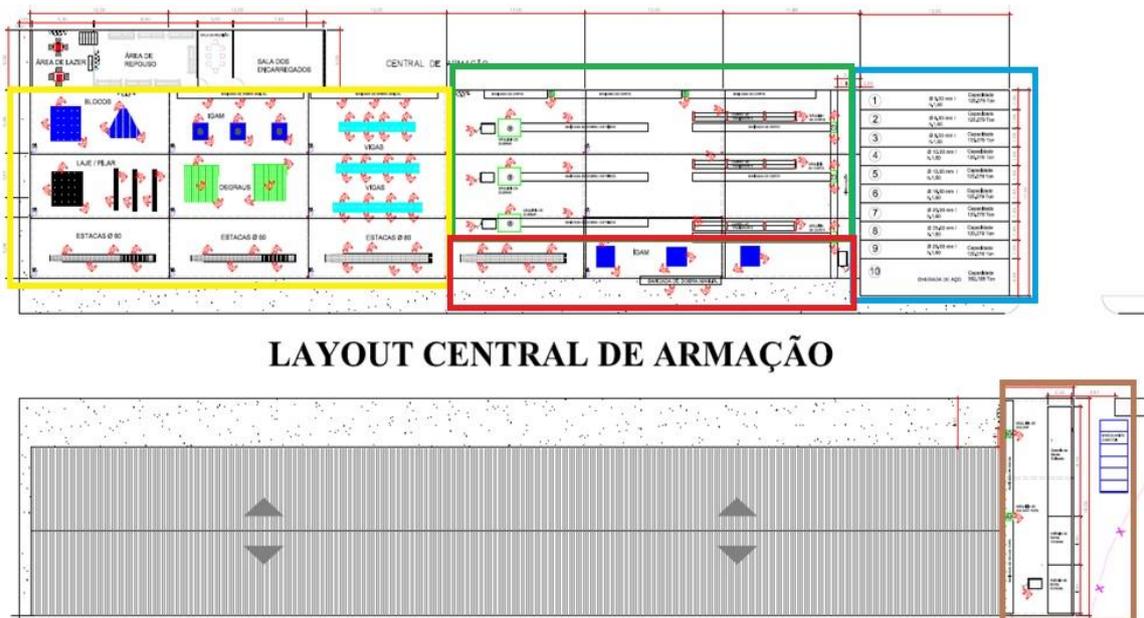


Figura 21 – Propostas de Layouts da Central de Armação

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

Após análise das 2 propostas apresentadas, e com ajuda de um consultor especialista em geração de fluxo, a equipe reuniu características em comum nas duas opções e montou o *layout* disposto na figura 22, definido com aquele que seria implementado.



LAYOUT CENTRAL DE ARMAÇÃO

Figura 22 – Novo Layout da Central de Armação

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

O novo *layout* conta com apenas um estoque de barras em formato de baias, demarcado pela cor azul, dividido por bitola e logo ao lado da área de máquinas de corte de aço, demarcada pela cor verde, seguida pela área de montagem na cor amarela. Foram ainda definidas áreas específicas para montagem de peças de outras obras, em vermelho e uma área exclusiva para a equipe de solda, representada pela cor marrom, reduzindo e segregando a área que conta com maior número de riscos ergonômicos e de acidentes.

Após a consolidação e análise de todos os dados obtidos para a adequação dos processos da central de armação visando à otimização e a erradicação dos desperdícios, foram iniciadas as aplicações das ferramentas estudadas nos treinamentos e aulas sobre o sistema de construção enxuta.

5.2.3.2 Reformas e Adequação de Ferramentas de 5S

O primeiro passo na aplicação foi a adequação do *layout* da central para o novo, definido no período de estudo. Como pode ser visto na figura 23, foi eliminado o desnível presente no interior da central, elevando a altura da cobertura e somado a isso, a eliminação de alguns pilares, o que resultou em um espaço maior para movimentação dos materiais dentro da central de armação.



Figura 23 – Novo Layout da Central de Armação

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

Os estoques foram organizados nas baias construídas conforme o projeto sugerido e os processos de soldagem foram realocados para o local proposto, já existente no canteiro, mas não utilizado. Foram realocados os equipamentos de dobra e máquinas de corte, também conforme a proposta do projeto de *layout* e visualmente, tornou-se possível a percepção de maior organização e definição dos processos, antes mesmo que estes estivessem iniciados.

Ao término das reformas, foram demarcadas, no chão, corredores de movimentação, áreas de trabalho e áreas de depósito de *kits* para confecção dos produtos, como visto na figura 24. Demarcações estas que fazem parte da composição do 5S.



Figura 24 – Marcações de Chão na Central de Armação

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

Ainda seguindo os preceitos do sistema 5S, foram eleitos responsáveis por cada setor da armação e os mesmos tornaram-se agentes de manutenção do sistema, onde são realizadas rotinas semanais de avaliação e inspeção do sistema em quesitos de organização, aspecto visual, obstrução do locais destinados a movimentação e condições das sinalizações do ambiente.

5.2.3.3 Aplicação de Poka Yokes

Foram desenvolvidos os *poka yokes* com a intenção de eliminar ou minimizar os processos desnecessários das etapas construtivas dos elementos da central de armação e possibilitar, assim, o balanceamento das atividades com o auxílio das tabelas de equilíbrio. Como exemplo, na família de vigas, foram elaborados gabaritos que simulavam a peça pronta e evitavam que as armações ultrapassassem o cobrimento mínimo e gerassem a necessidade de retrabalho nas armações na hora da concretagem. Este gabarito pode ser visto na figura 25.



Figura 25 – Gabarito de Viga

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

Foram desenvolvidos, ainda, carros de transporte que reduzem o tempo na movimentação de peças, como visto na figura 26, uma vez que são capazes de carregar mais material em uma única viagem do que um colaborador quando carrega os mesmos nos ombros. Além disso os carros trouxeram mais satisfação dos operários, que não tinham mais que carregar peso, reduziram os riscos de acidentes e os riscos de danos à saúde dos funcionários.



Figura 26 – Carros de Transporte de Barras

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

5.2.3.4 Aplicação de Andons

Foram aplicados, então, os *andons*, ferramentas que têm a função de sinalizar as condições em que se encontra a produção. Cada uma das equipes de montagem teve um *andon* aplicado em sua área e enquanto a atividade estivesse ocorrendo conforme o planejado, o *andon* deveria estar na posição verde, caso houvesse algum problema, como falta de material, por exemplo, o *andon* seria alterado para a posição vermelha, como visto na figura 27. O encarregado ou líder da frente de serviço, ao notar a situação do *andon*, providencia os itens para que a produção volte a funcionar perfeitamente. Esse sistema agiliza muito a solução de problemas, e diminui os tempos desperdiçados, já que a produção fica parada por menos tempo.

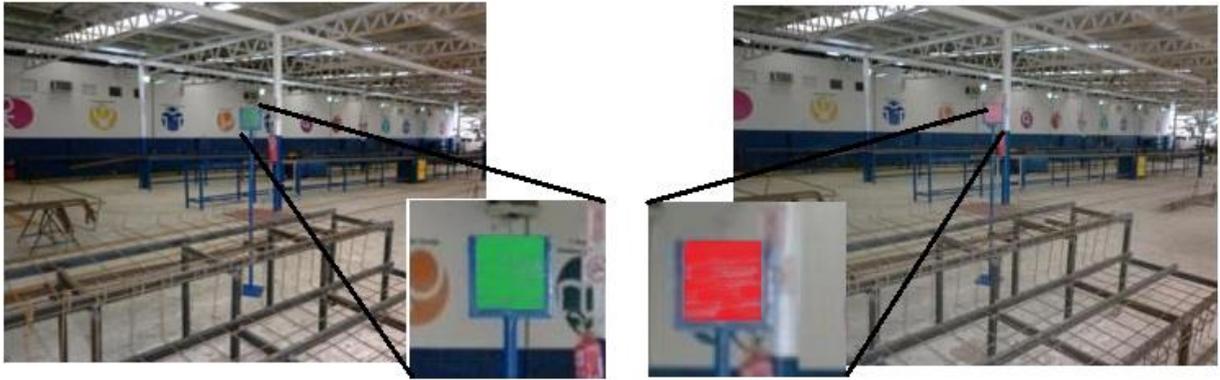


Figura 27 – Andons

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

5.2.3.5 Redimensionamento de Equipes e Padronização de Atividades

Após a reforma da central de armação, aplicação no novo *layout*, revitalização do sistema 5S e aplicação das ferramentas de controle da produção, voltou-se a medir a execução dos processos, obtendo um balanceamento da tabela de equilíbrio das atividades, possibilitando, em alguns casos, a redução da quantidade de envolvidos nos processos. Baseado nos dados obtidos pela avaliação das atividades após as reformas, e com o objetivo de padronizar e balancear a produção de cada uma das atividades, foram elaborados manuais de execução.

Na elaboração dos manuais foram eliminadas as atividades consideradas desperdícios evidentes (atividades marcadas com vermelho anteriormente), e nas análises foram discutidas ferramentas que minimizassem o trabalho que não agrega valor ao produto, os chamados facilitadores de produção. Na figura 28 é possível visualizar o modelo utilizado para os manuais de execução, essas ferramentas permitem que seja feito a micro programação, ou seja, uma programação detalhada das atividades a serem desenvolvidas no dia a partir das informações contidas nos manuais, uma vez que estes mostram o tempo das atividades de forma detalhada (em minutos), a quantidade de pessoas envolvidas e a função de cada um.

MICROPROGRAMAÇÃO										
Elementos: Armação - Degraus										
Item	Processo		Duplas Emovidas	Atividade Principal	Imagem Ilustrativa Atividade Principal	Atividade Paralela Secundária	ou	Duplas Emovidas	Imagem Ilustrativa Atividade Secundária	Tempo Atual (Segundos)
	Início	Fim								
1	00:00:00	00:07:35	1	Transporte do kit para o pátio de montagem		N/A		N/A	00:07:35	
3	00:07:35	00:09:50	2	Fixação das barras longitudinais da "viga superior" no gabarito		N/A		N/A	00:02:15	
5	00:09:50	00:12:15	2	Distribuição dos estribos da "viga superior"		N/A		N/A	00:02:25	
6	00:12:15	00:41:52	2	Fixação dos estribos da "viga superior"		N/A		N/A	00:29:37	
7	00:41:52	00:48:21	2	Fixação das barras transversais laterais da "viga superior"		N/A		N/A	00:06:29	
8	00:48:21	01:30:31	2	Distribuição e fixação dos estribos inferiores da pisada		N/A		N/A	00:42:10	
9	01:30:31	02:18:09	2	Distribuição e fixação das barras longitudinais inferiores da pisada		N/A		N/A	00:47:38	
10	02:18:09	03:01:10	2	Distribuição e fixação dos estribos superiores da pisada		N/A		N/A	00:43:01	
11	03:01:10	03:49:21	2	Distribuição e fixação das barras longitudinais superiores da pisada		N/A		N/A	00:48:11	
12	03:49:21	04:13:42	2	Fixação dos estribos de reforço do dente inferior da viga		Preparação do próximo kit para montagem			00:24:21	
13	04:13:42	04:14:19	2	Retirada da peça do gabarito para aguardar transporte no horário programado		Limpeza		N/A	00:00:37	
TEMPO ATUAL TOTAL (S)									4:14:19	

Figura 28 – Manual de Execução

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

5.2.3.6 Desenvolvimento de Quadros de Kanban

Por fim, como parte do controle total da produção, foram desenvolvidos e aplicados os quadros de *kanban*, referentes as atividades realizadas na central. A figura 29 mostra o quadro escolhido para utilização nos processos da central de armação.



Figura 29 – Quadro de Kanbans

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

No quadro da figura 29, cada uma das colunas representa uma família, as linhas representam as horas do dia e os dias da semana. Os cartões em formato de T são preenchidos com as atividades a serem desenvolvidas no dia pelos setores da central de armação, a quantidade de material a ser entregue e possuem a duração de cada uma dessas atividades. O responsável pelo quadro é o encarregado da frente de serviço.

Para o controle total da produção e da qualidade desta, foi estipulado que ocorram duas reuniões diárias em frente aos quadros de *kanbans* para o acompanhamento do andamento das atividades, condições de limpeza e segurança da frente de trabalho, se estas estão utilizando as ferramentas implementadas e se as atividades estão dentro do cronograma diário de execução, caso contrário, são executados planos de ação para reverter a situação e possibilitar o atendimento da demanda da obra.

5.3 Resultados

Após a aplicação das ferramentas, e de todas as modificações no sistema produtivo, foram feitas novas filmagens dos processos para tomadas de tempos e nova medição de distâncias percorridas, além de discussões sobre os impactos

visuais no local. A finalidade dessas novas filmagens era quantificar os resultados obtidos.

5.3.1 Aspectos Gerais

A avaliação do trabalho trouxe resultados nos aspectos quantitativo e qualitativos. Para avaliar qualitativamente os processos, foram classificados nove tipos de desperdícios nas atividades de construção civil (para todas as operações, não apenas as operações exercidas na central de armações).

Conforme visto na figura 30, os tipos de desperdícios que vão de simples ocupações de áreas desnecessárias, gerando perdas implícitas ao processo, até elementos executados e não aplicados, gerando prejuízos graves à produção.



Figura 30 – Os Nove Desperdícios

Fonte: Steinbock, 2011.

Seguindo os sintomas que foram citados por KOSKELA (1992) como sendo os grandes responsáveis por perdas, os desperdícios encontravam-se submergidos nos processos, muito devido à falta de padronização destes e a desorganização física do espaço.

Os manuais de execução passaram a ser expostos na forma de banner, definindo as funções de cada funcionário e permitindo a rápida adequação de funcionários novos no processo. Isso marcou a padronização das atividades e

minimizou um problema citado como marcante na indústria da construção, a alta rotatividade de mão de obra local.

A utilização de quadros de *kanbans* passou a permitir o melhor controle da produção por aqueles que a gerenciam, tendo sua função reforçada por duas reuniões diárias que avaliam a situação da produção e geram planos de ação para correções e soluções de problemas de forma ativa e sistemática.

Em síntese, a limpeza e organização do espaço, somados a aplicação e total utilização das ferramentas de produção enxuta incentivaram a clareza dos processos produtivos e promoveram a redução da distância entre setores de planejamento, controle e produção, aplicando princípios comuns a todas as áreas e despertando o interesse a unificação da estrutura pela interdependência.

5.3.2 Redução de Desperdícios

Identificado como principal gargalo produtivo, a quantidade de movimento para transporte de materiais na central de armação teve uma melhoria significativa quando da aplicação das ferramentas propostas no estudo de caso. A tabela a seguir utiliza a tabela 9, citada anteriormente, como referência e compara a situação das movimentações anteriores ao estudo e após as reformas e adaptações do espaço realizadas.

Tabela 10 – Novos Dados de Deslocamento na Central de Armação

Família	Produção/dia	ANTES		DEPOIS	
		Deslocamento Unit. (m)	Deslocamento Total (m)	Deslocamento Unit. (m)	Deslocamento Total (m)
Blocos	8	1.971,2	15769,6	129,5	1.036,0
Degraus	4	395,5	1582	124,2	496,8
Estacas	20	2.954,03	59080,6	476,3	9.526,0
Vigas	1	1.945,4	1945,4	543,8	543,8
Deslocamento Total (m)			78.377,6	-	11.602,6

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

A tabela 10 mostra uma redução em 85% na quantidade de movimentação realizada para a execução das atividades da central de armação. A redução na quantidade de movimento se tornou possível por conta da otimização do fluxo de materiais, proporcionado pela unificação dos estoques de barras, aproximação destes às estações de trabalho e melhor organização destas estações dentro do espaço físico da central. Os resultados obtidos confirmam o que fora indicado nos mapeamentos do fluxo de valor, situações e aspectos da central que contribuía para a necessidade de muito movimento na realização das tarefas.

Destaca-se, ainda, que apenas um dos integrantes das equipes passa a ser responsável pela reposição de materiais na montagem, enquanto nas áreas de corte e dobre, os materiais passam a ser movimentados de forma a deslizar em cima das bancadas, reduzindo a quantidade de esforço e de movimentação. Este resultado gerou impactos nos índices de produtividade nos processos de montagem dos produtos.

5.3.3 Balanceamento das Atividades

A padronização dos processos permitiu que as atividades passem a ser realizadas de forma cadenciada, seguindo um ritmo contínuo, ou seja, obedecendo ao *takt* do planejamento e tornando transparente, o andamento do processo. Tal fato se reflete na tabela de equilíbrio das armações de degraus, vista na figura 31, onde é possível notar a eliminação de um dos componentes da equipe, que passa a ser composta por apenas quatro armadores, representando a otimização da mão de obra.

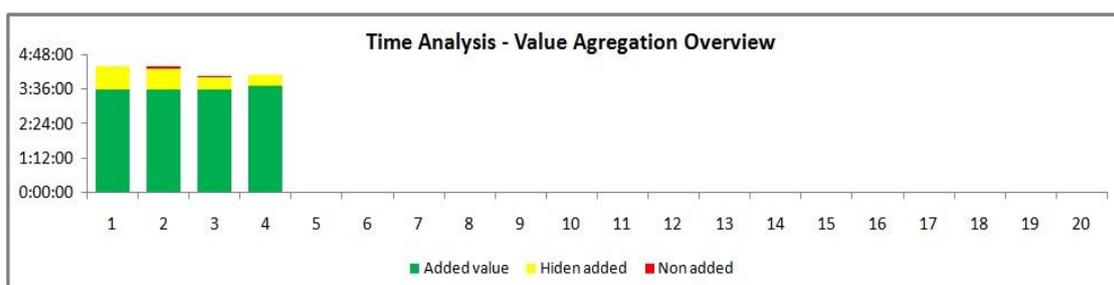


Figura 31 – Aspecto Geral da Central de Armação de Degraus

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

Após o balanceamento e padronização das atividades, os desperdícios passaram a representar apenas 14% do tempo de execução, proporcionando aos processos produtivos maior agregação de valor ao produto final, reduzindo o *lead time* e otimizando os custos na execução das armações de degraus com a mão de obra utilizada, como visto na figura 32.

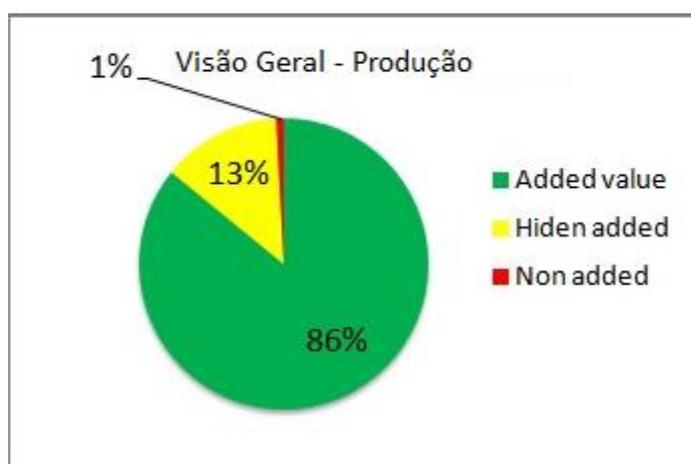


Figura 32 – Gráfico de Pizza Depois da Aplicação das Ferramentas

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

5.3.4 Índices de Produtividade

Os resultados mostraram um aumento significativo nos índices de produtividade de todos os produtos da central de armação. Tais índices representam a melhoria da capacidade produtiva da central, reduzindo os prazos de entrega. Destacam-se os apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela 11 – Índices de Produtividade - Armação de Estacas

Processo	Homens (H)	Horas (h)	Total (Hh)	Quant. Estacas/dia	Kg/Estaca	Peso Total	Prod. HH/Ton
Antes	6	9	54	3	545	1635	33,03
Depois	6	9	54	5	545	2725	19,82

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

No caso das estacas, o incremento da quantidade de peças produzidas, passando de três unidades para cinco peças produzidas por dia, representando um aumento de 40% nos índices produtivos. O processo de degraus também apresenta

resultados significativos quanto aos índices de produtividade, conforme visto na tabela 10.

Tabela 12 – Índices de Produtividade - Armação de Degraus

Processo	Homens (H)	Horas (h)	Total (Hh)	Quant. Degraus/dia	Kg/Degrau	Peso Total	Prod. HH/Ton
Antes	5	9	45	1,5	180	270	166,67
Depois	4	9	36	2	180	360	100,00

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

Analisando a tabela 12, é possível notar que o aumento do índice de produtividade foi gerado por dois fatores, o primeiro, a possibilidade de redução do tamanho da equipe para quatro pessoas a partir da análise das atividades e padronização dos processos, como citado anteriormente, além da otimização do método executivo, que levou a redução do *lead time* e permitiu a execução de um número maior de peças por dia.

Quanto as vigas, a quantidade de peças entregues por dia se manteve a mesma, contudo, tornou-se possível a realocação de dois membros da equipe para a execução de outras atividades, visto que os mesmos representavam perda ao processo, por, muitas vezes, serem utilizados apenas para transportar peças e fazer ajustes no produto, na tabela 13 a seguir é possível avaliar o incremento nos índices de produtividade.

Tabela 13 – Comparativo de Índices de Produtividade de Armação de Vigas

Processo	Homens (H)	Horas (h)	Total (Hh)	Quant. Vigas/dia	Kg/Viga	Peso Total	Prod. HH/Ton
Antes	8	9	72	1	850	850	166,67
Depois	6	9	54	1	850	850	100,00

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

Na tabela 14 apresentamos os ganhos em produtividade para os três produtos estudados.

Tabela 14 – Comparativo Geral da Produtividade da Central de Armação

Área	Produtividade (HH/Ton)		
	Antes	Depois	%
Armação Estacas	33,03	19,82	40%
Armação Degrau	166,67	100,00	40%
Armação Viga Inclinada	84,71	63,53	25%

Fonte: Fornecido pela construtora, 2012.

6 Considerações Finais

A adaptação do sistema Toyota de produção para a construção civil se mostrou válida e possível. Os funcionários receberam mais autoridade, mais informação e a reorganização do layout melhorou a condição de trabalho dos mesmos. As reuniões diárias em torno do quadro *kanban* (planejamento semanal) fez com que os mesmos tivessem clareza no objetivo do seu trabalho. A utilização dos *andons* deu autonomia aos funcionários para solicitar ajuda quando um problema fosse identificado, assim como, na Toyota, existia a possibilidade do funcionário parar a produção para reportar um problema.

Porém, apesar dos bons resultados, é preciso ressaltar que o setor escolhido para realização do estudo de caso (central de armação) é um dos setores da construção aonde o processo produtivo é mais similar ao processo produtivo de fábricas tradicionais. A produção é regular, existem tipos de produto específicos que devem ser iguais, existem um padrão de produção claro e fácil de ser identificado e os funcionários trabalham em um único lugar (a central de armação). Em geral, a produção nesse setor é mais fácil de ser padronizada e estabilizada.

Provavelmente, na linha de frente da operação os ganhos obtidos para a central de armação, seriam reduzidos. No entanto a organização e a clareza que as ferramentas utilizadas trouxeram para o processo deve ser difundida em todas as áreas produtivas das obras. O micro-planejamento e a conversa diária com todos os funcionários em serviço, sobre o que deverá ser produzido durante a semana, é uma ferramenta muito útil e que pode ser mantida independentemente do tipo de frente de serviço (quadro *kanbans*).

A ferramenta 5S também pode ser difundida, ajudando a melhorar as condições físicas de trabalho, melhorando a sensação de bem estar dos funcionários, e mitigando ainda o risco de greve pelos mesmos, já que, como exposto no capítulo 3,

um dos principais motivos reivindicados por greves são as condições precárias de trabalho.

Para que essas mudanças sejam realizadas, é necessário que a alta gerencia se interesse pelo assunto incentivando os engenheiros responsáveis pela produção se informem sobre o tema e procurem desenvolvê-lo no dia-a-dia da obra. Mesmo com os resultados positivos obtidos, novas ideias enfrentam sempre problemas para serem implementadas. Existe uma dificuldade enorme de ganhar abertura para trazer mudanças.

Uma maneira de romper com essas barreiras, é preciso ressaltar os ganhos financeiros obtidos com as mudanças. Com a diminuição do corpo de operários e a diminuição do tempo necessário para execução das tarefas, as economias financeiras podem ser facilmente contabilizadas e o investimento em treinamento pode ser rapidamente recuperado.

Além disso existem ganhos que não podem ser contabilizados, com o maior nível de confiabilidade do sistema produtivo e também maior qualidade das entregas existe um ganho implícito, pois a imagem da construtora melhora perante o mercado. A confiança do cliente no trabalho da construtora é essencial para garantir uma posição diferenciada. A aplicação das ferramentas do STP na construção civil, pode, com o aumento da produtividade, garantir um melhor cumprimento dos prazos, uma redução de custos e um aumento da qualidade, o que colocaria a construtora em questão muitos passos à frente de suas concorrentes.

O treinamento das equipes e a disseminação desses conhecimentos dentro das empresas, sem a necessidade de custos com consultoria seria o próximo passo para a implantação e modificação definitiva dos modelos produtivos. Para isso, equipes que participaram dessas modificações devem ser espalhadas pelos outros empreendimentos da construtora e incentivadas a falar no assunto, se tornando agentes disseminadores das novas ideias e influenciadores da cultura da empresa.

Para que os ganhos sejam repassados ao mercado e possam se tornar um diferencial competitivo, todos devem procurar a precisão de custos e cronograma, precisão essa que só vem após a estabilização dos novos modelos produtivos e da clareza dos fluxos de processo. Quando a empresa já possuir um espaço amostral de obras com o novo sistema implantado, a mesma poderá utilizar as melhorias obtidas em seus orçamentos, repassando parte dos seus ganhos ao cliente e obtendo assim, a possibilidade de aumentar sua margem de lucro, sem perder competitividade.

Especialmente no Brasil, com todos os problemas que estão sendo enfrentados no setor da construção e com os cronogramas apertados, é essencial que mudanças sejam implementadas o quanto antes. Outro ponto importante é que com o crescimento econômico e com as empresas brasileiras buscando cada vez mais entrar no mercado internacional, as mesmas precisam buscar uma maneira de se tornarem mais competitivas, sem diminuir muito a margem de lucro e garantindo qualidade.

Sem esses requisitos, é quase inviável que uma construtora brasileira ganhe espaço no mercado internacional, especialmente nos países onde os mesmos já estão estruturados.

7 Bibliografia

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ACIDENTES DO TRABALHO 2011, 2012 – Site da Previdência Social do Governo Federal, Disponível em:

<<http://www.previdencia.gov.br/conteudoDinamico.php?id=1607#>>. Acesso em: 23 jun 2013, 19:07

Aperfeiçoamento das Condições de Trabalho na Indústria da Construção – SITE DA SECRETARIA GERAL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2012. Disponível em:

<<http://www.secretariageral.gov.br/compromissoconstrucao>>. Acesso em: 23 jun 2013, 20:40

CHAVES, J., 2010, **Melhores Práticas para Garantia de Sustentabilidade de Melhoria Obtidas Através de Eventos Kaizen**, Tese de M.Sc., Escola de Engenharia – USP, São Carlos, SP – Brasil.

EGAN, J., 1998, **Rethinking Construction**, Londres: Department of Environment, Transport, 1998.

ESTUDO SETORIAL DA CONSTRUÇÃO – DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos, 2011. Disponível em:

<http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A2E7311D1012FE92DE9D55581/estudo_setorial_construcao_04-2011.pdf>. Acesso em: 23 jun 2013, 16:18

FORMOSO, C., 2002, **Lean construction: princípios básicos e exemplos**. PINIWeb. Disponível em:

<<http://www.piniweb.com.br/construcao/noticias/lean-construction-principios-basicos-e-exemplos-80714-1.asp>>. Acesso em: 07 jul. 2013, 10:44.

GOMES, R., 2006, **Motivação e Satisfação no Trabalho em uma Empresa de Alta Tecnologia**, Tese de M.Sc., Escola Politécnica – USP, São Paulo, SP – Brasil.

KOSKELA, L. (1992) - **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Tech. Report No 72, CIFE, Stanford Univ., CA.

LÊ, M.A.T; BRONN, C. **Linking Experience and Learning: Application to multi-project buildings environments**. Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 14, Iss. 2, pg. 150, 2007.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2010, **What is Lean?** Disponível em:

<<http://www.lean.org/WhatsLean/>>. Acesso em: 29 jun. 2013, 15:44.

MASLOW, A. 1954, **Motivation and Personality**. New York: Harper & Brothers.

MEDEIROS, M., 2012, **Gestão do Conhecimento Aplicada ao Processo de Projeto na Construção Civil: Estudo de Caso em Construtoras**, Tese de M.Sc., Escola Politécnica – USP, São Paulo, SP – Brasil.

NAZARENO, R. R., 2003, **Desenvolvimento e Aplicação de um Método para Implementação de Sistemas de Produção Enxuta**, Tese de M.Sc., Escola de Engenharia – USP, São Carlos, SP – Brasil.

PASCAL, D., **Produção Lean Simplificada**, 2008, Bookman Companhia Editora Ltda.

SAYER, Natalie J.; WILLIAMS, Bruce. **Lean for dummies**. Indianápolis: Wiley Publishing Inc., 2007.

SMALEY, A., **Criando o Sistema Puxado Nivelado**. 1ed., 2004, São Paulo, Lean Institute Brasil.

WOMACK, JAMES, JONES, DANIE, ROSS, DANIEL, 1990, **A Máquina que Mudou o Mundo**. 10 ed. Massachusetts, Elsevier.