

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



Saint Clair Lobato Portugal e
Vívian Tereza de Souza Ferreira

**PROPOSTA DE ADOÇÃO DE PRÁTICAS *LEAN*
CONSTRUCTION PARA REDUÇÃO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

BELÉM/PA
2017

Saint Clair Lobato Portugal
Vívian Tereza de Souza Ferreira

**PROPOSTA DE ADOÇÃO DE PRÁTICAS *LEAN*
CONSTRUCTION PARA A REDUÇÃO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade do Estado do Pará como requisito final para a obtenção de grau de Engenharia de Produção, do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, da Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Léony Luis Lopes Negrão

BELÉM/PA
2017



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO


“PROPOSTA DE ADOÇÃO DE PRÁTICAS LEAN CONSTRUCTION PARA A REDUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL”. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito necessário para obtenção do título de Engenheiro de Produção pelos alunos **Vivian Tereza de Souza Ferreira e Saint Clair Lobato Portugal**, em 11 de dezembro de 2017, no Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará - CCNT/UEPA, e aprovado pela Banca Examinadora, formada pelos seguintes membros:



Dr. Léony Luis Lopes Negrão – UEPA
Orientador



Dr. André Cristiano Silva Melo - UEPA
Avaliador 1



Esp. Elinne Salgado Ferreira – UEPA
Avaliador 2

Belém/PA, 11 de dezembro de 2017.

*Aos nossos pais,
Waldir Brabo Ferreira e Valdenice Ferreira;
Antônio Joaquim Portugal e Solange Portugal,
por todo o amor, virtudes e valores ensinados.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por todas as conquistas e realizações alcançadas, sobretudo pelo dom da vida e por estar ao nosso lado nos momentos mais difíceis.

Ao professor Leony Luis Lopes Negrão, pela orientação deste trabalho, pela oportunidade concedida, pela confiança, atenção e paciência.

Agradecemos a todos que, direta ou indiretamente, nos apoiaram nesses longos cinco anos de faculdade e, mais especificamente, na elaboração desta monografia, tornando nossos dias mais felizes, prazerosos e menos árduos.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo propor ferramentas *Lean* para ajudar na minimização da geração de resíduos sólidos em uma obra da construção civil. Na atualidade, gestores de pequenas e grandes organizações, como empresas do ramo da construção civil, principalmente mediante a crise que o Brasil encontra-se, estão preocupados com diversos índices que apontam inúmeros prejuízos como a baixa produtividade, com retrabalho, com estoque de matéria-prima e também com a superprodução, com a falta de planejamento e a falta de comprometimento entre indústria e colaborador. Visando melhorias nesses itens que muitos gestores estão buscando implantar as ferramentas de *Lean Manufacturing* em suas empresas. E a aplicação dessas ferramentas trazidas do Sistema Toyota de Produção são de total importância para uma gestão enxuta e lucrativa. Após o rápido crescimento da infraestrutura brasileira da década de 50 é possível assistir o surgimento de empresas de construção civil organizadas, tanto no campo das grandes obras como das edificações urbanas. No Estado do Pará e mais especificamente, na cidade de Belém, as empresas do setor da construção civil, estão buscando cada vez mais, formas de melhorar seus processos e métodos construtivos por meio da implantação dos elementos e ferramentas do sistema da produção enxuta, em particular da construção enxuta. A metodologia envolve o levantamento de dados, do tipo estudo de caso, com auxílio de questionários, protocolos, observações na obra do estudo revisão bibliográfica e entrevistas. Como resultados da presente pesquisa, têm-se um conjunto de práticas relacionadas com os tipos de possíveis resíduos que possam ser evitados ou minimizados sua geração assim como o setor de origem de tal resíduo. Acredita-se que tais resultados tendem a contribuir a disseminação de utilização das práticas lean ao mesmo tempo em que serve de parâmetro para gestores que buscam melhorar os indicadores operacionais e ambientais na gestão de canteiro de obras.

Palavras-Chave: Gestão de Sistema de produção; *Lean Manufacturing*; Construção civil; *Lean Construction*.

ABSTRACT

This research aims to propose Lean tools to help minimize the generation of solid waste in a construction site. Currently, small and large organizations' managers, as construction companies are concerned with several indices that point to countless losses, such as low productivity, rework, inventory of raw material, also with an overproduction and a lack of planning and lack of commitment between industry and employees. It is aimed at improving items that many managers are seeking to deploy as Lean Manufacturing tools in their companies. The Lean Manufacturing tools were brought from the Toyota Production System, and they are of utmost importance for a frugal and profitable management. Therefore, it is important to take under consideration, that after the 1950's decade, there was a rapid growth of the organization on Brazilian's companies of infrastructure and urban buildings. In Belém, Pará, the construction companies are increasingly seeking ways to improve their processes and construction methods through the implementation of elements and tools of the lean production system. As a methodology, the data collection, the bibliographic review and the Case Study – based upon questionnaires, protocols and observations – helped us to reach a set of practices related to the types of waste that could be minimized or avoided. It is believed that these results tend to contribute to the dissemination of the use of lean practices, while it can be used as a parameter for managers who seek to improve operational and environmental indicators in the management of construction sites

Key Words: Production Systems Management; Lean Manufacturing; Construction companies; Lean *Construction*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Total de RCD coletados no Brasil e Regiões (tx 1000/ano).....	17
Figura 2 – Nível de atividade efetivo em relação ao usual.....	22
Figura 3 – Satisfação com a margem de lucro operacional e com a situação financeira.....	22
Figura 4 – Diagrama esquemático da influência da mentalidade enxuta.....	24
Figura 5 – Método da Linha de Balanço (<i>LOB-Line of Balance Method</i>).....	36
Figura 6 – Sistema de Planejamento do Last Planner.....	40
Figura 7 – Fórmula do PPC.....	41
Figura 8 – Símbolos utilizados na elaboração do Mapeamento do Fluxo de Valor.....	47
Figura 9 – Caracterização dos geradores.....	54
Figura 10 – As perdas segundo seu momento de incidência e sua origem	59
Figura 11 – Resíduos da Construção Civil depositados em local inadequado....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diferenças entre a produção em massa e a produção enxuta....	27
Quadro 2 – Ferramenta 5W2H.....	70
Quadro 3 – Passos a seguir no estudo de caso.....	73
Quadro 4 – Relação dos principais resíduos gerados no canteiro de obra....	76
Quadro 5 – Benefícios gerados por adoção de práticas <i>Lean</i>	79
Quadro 6 – Possíveis destinações de resíduos.....	79
Quadro 7 – Procedimentos para reutilização de materiais.....	80
Quadro 8 – Quadro dos problemas e propostas de práticas <i>lean</i>	81
Quadro 9 – Propostas de adoção de práticas <i>lean</i> conforme os seis principais problemas identificados.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação da Manufatura Enxuta e Construção Enxuta.....	32
Tabela 2 – Resumo de 5W2H (plano de ação).....	45
Tabela 3 – Composição do RCD em algumas cidades Brasileiras.....	55
Tabela 4 – Fonte geradora e componente dos RCC.....	56
Tabela 5 – Perdas de alguns materiais da construção civil (%).....	60
Tabela 6 – Índice médio de perdas dos materiais de construção (%).....	60
Tabela 7 – Estimativa de geração de RCC em alguns países.....	63
Tabela 8 – Estimativa de coleta de RCC por origem (2008).....	64
Tabela 9 – Geração de RCD em algumas cidades Brasileiras.....	65
Tabela 10 – Classificações adotadas no trabalho.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

CNI – Confederação Nacional da Indústria

CPM – Critical Path Method

EAU – Emirados Árabes Unidos

EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

EUA – Estados Unidos da América

IGLC – International Group for Lean Construction

LOB – Line of Balance

LPS – Last Planner System

MFV – Mapeamento de Fluxo de Valor

NBR – Normas Brasileiras

NFP – Nova Filosofia de Produção

PCC – Departamento de Engenharia de Construção Civil

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PERT – Program Evaluation and Review Technique

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PPC – Percentual de Produção Concluída

RCC – Resíduos da Construção Civil

RCD – Resíduos da Construção e Demolição

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SECOVI – Sindicato da Habitação

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SINDUSCON – Sindicato da Indústria da Construção

SNIS – Sistema Nacional de Informação de Saneamento

SPE – Sistema de Produção Enxuta

STP – Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 TEMA.....	15
1.2 PROBLEMA	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 GERAL	19
1.3.2 ESPECÍFICOS.....	19
1.4 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	20
2 REVISÃO TEÓRICA	24
2.1 <i>LEAN MANUFACTURING</i>	24
2.2 <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	28
2.3 FERRAMENTAS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA	33
2.3.1 PLANEJAMENTO	33
2.3.2 PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO OU ESTRATÉGICO VIA <i>LOB</i> E <i>PERT/CPM</i>	34
2.3.3 PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO, TÁTICO OU <i>LOOKHEAD</i> <i>PLANNING</i>	38
2.3.4 PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO OU OPERACIONAL, <i>LAST</i> <i>PLANNER</i>	38
2.3.5 <i>5S</i>	41
2.3.6 GERENCIAMENTO VISUAL, <i>ANDON</i> E TRANSPARÊNCIA	43
2.3.7 PLANO DE AÇÃO (<i>5W2H</i>)	44
2.3.8 <i>POKA-YOKE</i> (À PROVA DE ERROS)	45
2.3.9 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR	46
2.3.10 <i>KANBAN</i>	48
2.4 RESÍDUOS SÓLIDOS	49
2.4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS REÍDUOS SÓLIDOS	50
2.4.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	52
2.4.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	52
2.4.4 ORIGEM E COMPOSIÇÃO	54
2.4.5 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL X GERAÇÃO DE RESÍDUOS	56

2.4.6 IMPACTOS DA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	66
3 MÉTODO DE PESQUISA	68
3.1 ABORDAGEM DE PESQUISA	68
3.2 MÉTODO	70
3.2.1 DESENVOLVIMENTO DA TEORIA	70
3.2.2 PROPOSIÇÕES	71
3.2.3 UNIDADE DE ANÁLISE E SELEÇÃO DOS CASOS	71
3.2.4 LÓGICA QUE UNE OS DADOS ÀS PROPOSIÇÕES	72
3.3 COLETA DE DADOS	72
3.3.1 REDIGIR RELATÓRIO DO CASO INDIVIDUAL	72
3.4 ANÁLISE DE DADOS	72
4 PRÁTICAS DE <i>LEAN CONSTRUCTION</i> E A REDUÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	74
4.1 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	74
4.1.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	74
4.1.2 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA	75
4.1.3 CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO	75
4.1.4 ADOÇÃO DE PRÁTICAS DO <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	76
4.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	76
4.3 PRÁTICAS ADOTADAS PARA REDUÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	76
4.3.1 ORGANIZAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRA	78
4.3.2 DESTINAÇÃO RESPONSÁVEL	79
4.3.3 REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DOS RESÍDUOS	80
4.4 ANÁLISES	81
5 CONCLUSÃO	86
8.1 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	87
REFERÊNCIAS	88
APÊNDICE A	98
APÊNDICE B	101
APÊNDICE C	102
APÊNDICE D	103

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Um novo sistema de gestão de produção chamada produção enxuta ou *lean manufacturing*, vem sendo desenvolvido desde a 2ª Guerra Mundial, quando os japoneses conseguiram reestabelecer o equilíbrio da economia, utilizando o Modelo Japonês de Administração ou mais comumente conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP), que objetivava a qualidade dos produtos reduzindo os estoques e custos. Estudos a respeito desse assunto foram iniciados por Taiichi Ohno, na *Toyota Motor Company*, para adaptação do sistema de manufatura norte-americano ao contexto da indústria automobilística japonesa da época (OHNO, 1997).

O STP hoje comumente chamado de *lean manufacturing*, integra o *just-in-time* e a autonomia, após a incorporação da base de sustentação do sistema, ou seja, o nivelamento de produção, também conhecido como heijunka. Após as pesquisas de Ohno, vários estudiosos da área de gestão da produção aprofundaram os estudos iniciais, chegando à criação da denominação “Produção Enxuta” (WOMACK; JONES, 2004). As abordagens, conceitos e técnicas resultantes desse estudo integram o chamado Sistema de Produção Enxuta (SPE), no qual sua disseminação para o Ocidente foi avassaladora ganhando adeptos ao redor de todo o mundo, principalmente a partir da publicação de James P. Womack, com um modelo de produção que substituiu a produção em massa e com a criação de grandes obras como, *A Máquina que Mudou o Mundo: a história da produção magra*.

A função produção tem atingido cada vez mais relevância no âmbito das organizações, haja vista que as estratégias estabelecidas para esta área podem ser capazes de oferecer variadas vantagens no mercado competitivo, propiciando, assim, além da eficiência produtiva, sucesso no plano estratégico de negócios da organização.

Não obstante as inúmeras vantagens que tal sistema pode oferecer em comparação a outros, tais como a produção em massa, é imprescindível verificar se a adoção da produção enxuta trata-se de ferramenta útil para todo tipo de organização, ou se existem condições imprescindíveis para que o *lean manufacturing* seja eficiente e capaz de proporcionar as vantagens competitivas almeçadas pela organização.

O setor da construção civil tem demonstrado grande interesse neste conceito, tendo diversas empresas e pesquisadores discutido essa aplicação. É um conceito relativamente novo para o setor e uma pequena parcela de seu potencial de aplicação foi explorado até hoje (PICCHI, 2001).

Durante muitos anos a construção civil tem desenvolvido suas atividades com base em um modelo de administração da produção, com ênfase nas atividades de conversão, as quais representam atividades de processamento ou modificação da forma ou substância de um material. Esse modelo negligencia as demais atividades envolvidas na realização de um serviço, como inspeção, transporte e espera, que não sejam consideradas com a devida importância (KOSKELA, 1992).

No entanto, a necessidade de um modelo que explicasse, de forma mais adequada, as práticas da construção civil foi abordada por Koskela (1992). Esse autor apresentou ao setor da construção civil a possibilidade de utilização de uma nova filosofia de produção, para a construção: Construção Enxuta. Uma das ideias que diferencia a Produção Enxuta da produção baseada no modelo de conversão é o fato de que a primeira considera os processos como sendo constituídos de atividades de conversão e fluxo, enquanto que a segunda só considera as atividades de conversão.

Devido aos princípios do gerenciamento tradicional, na construção civil, as atividades de fluxo, normalmente, não têm sido controladas ou melhoradas. A preocupação tem sido com as atividades de conversão. Isto tem levado a um complexo, incerto e confuso processo de fluxo nos canteiros de obras e, conseqüentemente, ao aumento de atividades que não agregam valor e redução do valor final dos produtos.

Segundo Pinto (2005) a construção civil também se constitui como uma grande geradora de impactos ambientais devido ao consumo de recursos naturais, modificação da paisagem e geração de resíduos.

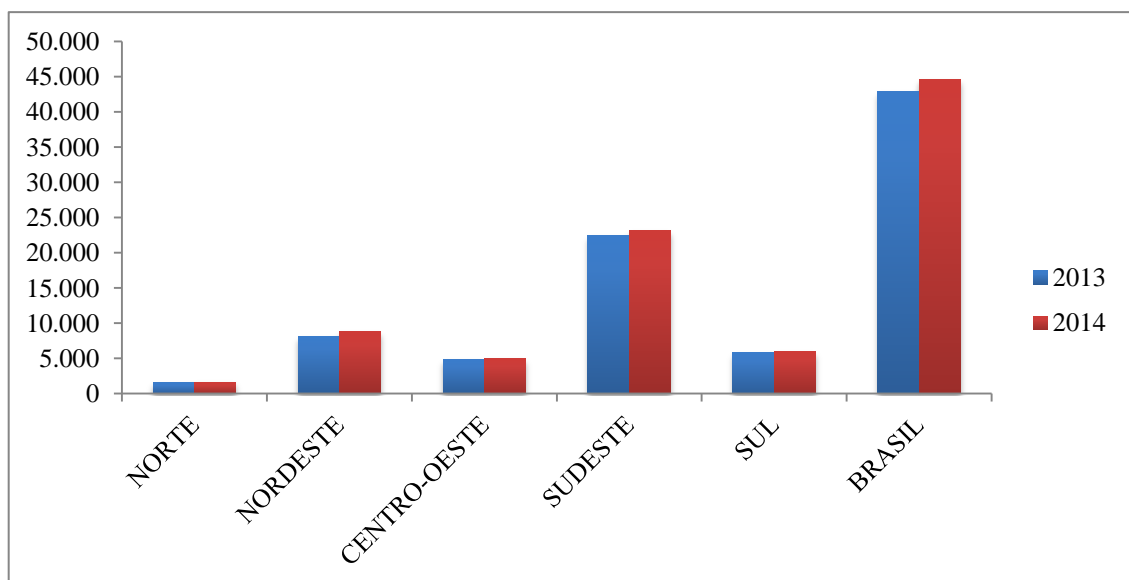
Quando depositados inadequadamente, segundo o mesmo autor, esses resíduos provocam:

- Degradação das áreas de manancial e de proteção permanente;
- Proliferação de agentes transmissores de doenças;
- Assoreamento de rios e córregos;
- Obstrução dos sistemas de drenagem, tais como piscinões, galerias, sarjetas, etc.

- Ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo à circulação de pessoas e veículos, além da própria degradação da paisagem urbana;
- Existência e acúmulo de resíduos que podem gerar risco por sua periculosidade.

Segundo um estudo sobre o panorama dos resíduos sólidos realizado no Brasil em 2015, pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), os municípios brasileiros coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCD em 2014, e em relação a 2013 teve um aumento de 4,1%, conforme Figura 1. O que exige atenção especial quanto ao destino final dado aos RCD, visto que a quantidade total desses resíduos é ainda maior, uma vez que os municípios, via de regra, coletam apenas os resíduos lançados nos logradouros públicos, e excluem os resíduos sob a responsabilidade dos geradores. Dessa forma, a questão dos RCC é preocupante, pois, tais resíduos são gerados em relevantes volumes e, com frequência, dispostos irregularmente em espaços públicos, comprometendo a qualidade ambiental nas municipalidades.

Figura 1 – Total de RCD coletados Brasil e Regiões (tx1000/ano)



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2015)

Em decorrência desse fato, surgiu a motivação para a realização de uma pesquisa exploratória na área da construção civil, onde são propostas ferramentas

da produção enxuta ou da construção enxuta, no intuito de analisar se a aplicação desses métodos e ferramentas *lean* foram satisfatórios e trouxeram efetivas melhorias ao setor.

1.2 PROBLEMA

Decorrido à crescente disseminação do SPE, o aumento da preocupação com o meio ambiente e o tamanho dos impactos ambientais que a geração de resíduos sólidos descartados causam, surgiu a necessidade do desenvolvimento de um estudo aprofundado e específico para a indústria da construção civil. A adaptação e aplicação dos conceitos e princípios da Produção Enxuta, na construção, são um desafio, principalmente, porque esse processo representa a construção de uma teoria para o gerenciamento da construção.

Com base nestas considerações iniciais, a pesquisa procura responder a seguinte problemática: “Como as práticas da Construção Enxuta podem contribuir para a redução dos Resíduos da Construção Civil?”.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GERAL

- Propor a adoção de práticas do *Lean Construction* na gestão de canteiros de obras visando à redução dos Resíduos da construção, à luz de uma obra localizada no município de Belém.

1.3.2 ESPECÍFICOS

A fim de atingir o objetivo principal do estudo, seguem-se alguns objetivos específicos:

- Realizar um diagnóstico da situação atual da empresa quanto aos seus fluxos, processos, procedimentos, práticas *Lean* adotadas;
- Identificar as causas das perdas e desperdícios existentes, e os locais propícios no canteiro de obra;
- Propor melhorias na gestão de processos para reduzir os RCC por meio da adoção das práticas *Lean*;
- Avaliar os fatores críticos dessas ações no estudo de caso e descrever os benefícios que ela proporcionará a obra.

1.4 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Como exposto na Seção 1.1 a produção enxuta e, principalmente, a construção enxuta, é um sistema relativamente novo no mercado brasileiro e carece de mais pesquisas referentes a esse tema. O SPE encontra-se atualmente em processo de ampla difusão nos mais diversos segmentos industriais, não se restringindo ao setor automotivo e às grandes empresas (ROSA, 2008).

É de extrema importância ressaltar que as melhores empresas do mundo têm demonstrado que por estarem em ambientes extremamente competitivos onde o custo é fundamental, há que se investir na redução das atividades que não adicionam valor ao produto. Assim, a busca continuada de sistemas de produção "enxutos" é uma das estratégias centrais para garantir a sobrevivência dessas

empresas (BELLO, 2015). A construção (produção) enxuta segue a mesma tendência de síntese e generalização verificada em outras áreas do conhecimento.

Como constatado nas literaturas de Moretti (2015), Bello (2015) e Oliveira (2015), os cenários de crise mostram-se propícios para que as empresas busquem a redução das deficiências na gestão dos processos e na adoção dos recursos humanos, objetivando o aumento da capacidade competitiva, além de um aumento da produtividade, tendo a implantação da filosofia Lean como estratégia vantajosa para superar momentos de instabilidade econômica.

As construtoras buscam melhorar a eficiência dos seus processos produtivos, através da criação de um ambiente de transparência em seus canteiros de obras e da utilização de ferramentas e práticas de gerenciamento e controle da construção. Para que se alcance a estabilidade e um fluxo contínuo de atividades, a construção civil precisa rever seus dogmas a passar a trabalhar mais com a realidade da obra, e menos com o que está definido na programação dos empreendimentos. Desta forma, a apresentação dos conceitos da Construção Enxuta, neste momento, contribui com a formulação de estratégias de melhoria e apoio gerencial para estas empresas.

Atualmente, os responsáveis por obras da construção civil buscam maneiras cada vez mais eficientes para melhorar ou até mesmo facilitar a gestão das operações dentro do canteiro de obras, devido ao cenário existente na indústria da construção civil, onde ocorrem altos índices de desperdício e improvisação dentro dos canteiros de obras da construção civil. A falta de integração de projetos, a tecnologia de informação pouco desenvolvida dentro do setor, a má administração dos materiais, as deficiências de formação e qualificação de mão-de-obra, as práticas construtivas não racionalizadas e as alterações de projetos que ocorrem no transcorrer do sistema construtivo, são as principais causas determinantes desta situação que age de forma contundente na redução do índice de produtividade e aumento considerável dos custos de produção (VIEIRA, 2006).

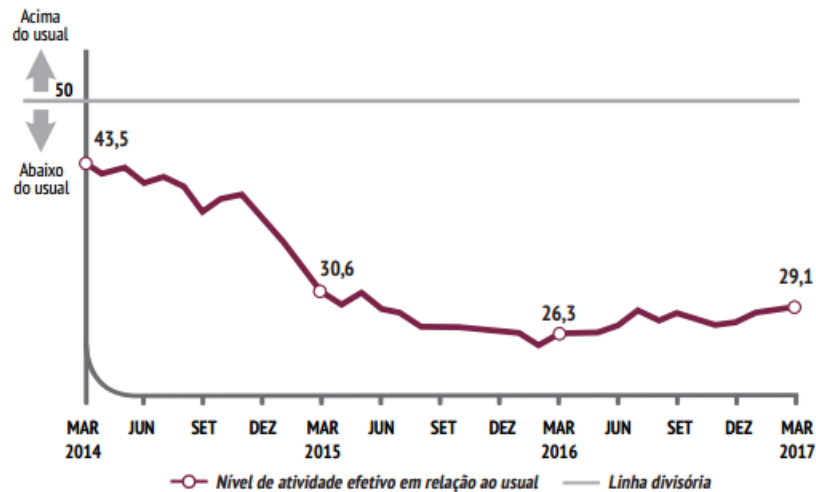
A Confederação Nacional da Indústria realizou um estudo, em 2017, onde a atividade da indústria da construção continua em queda, mas o recuo está cada vez menos intenso e disseminado pelo setor. O índice de evolução do nível de atividade atingiu 44,5 pontos em março, o maior valor desde agosto de 2014. Embora o índice permaneça abaixo dos 50 pontos, o que denota que a atividade segue em queda, o índice registrou crescimento de 4,2 pontos em março frente ao mês anterior. É o

terceiro crescimento consecutivo e o maior crescimento mensal. Da mesma forma, o índice de evolução do número de empregados aumentou na passagem de fevereiro para março, mas como mantém-se abaixo dos 50 pontos, mostra que o número de postos de trabalho do setor segue em queda. O indicador foi a 41,7 pontos, o maior valor desde novembro de 2014. O crescimento de 2,8 pontos frente a fevereiro é o terceiro aumento mensal seguido. Os índices de evolução do nível de atividade e de número de empregados variam de 0 a 100 pontos. Valores acima dos 50 pontos indicam aumento do nível de atividade e/ou do número de empregados. Conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Nível de atividade efetivo em relação ao usual

Nível de atividade efetivo em relação ao usual

Índice de difusão (0 a 100 pontos)



O índice varia de 0 a 100. Valores menores que 50 indicam nível de atividade abaixo do usual para o mês.

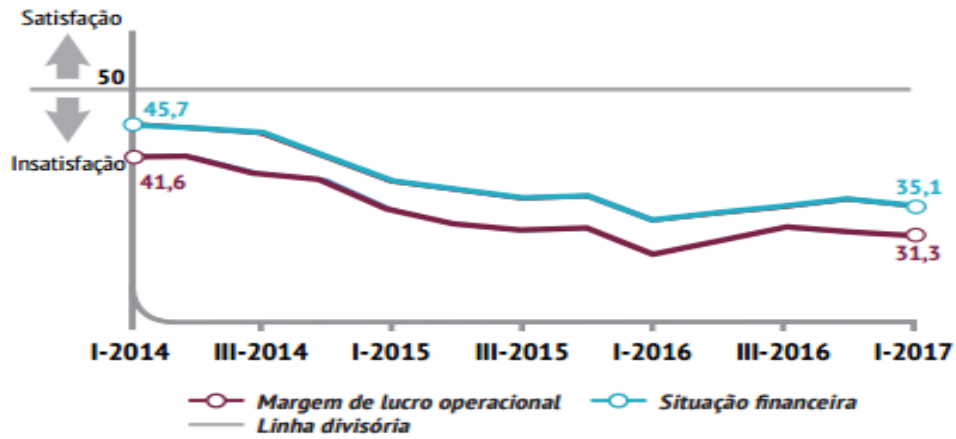
Fonte: Adaptado da CNI (2017)

Ainda de acordo com a CNI, as condições financeiras das empresas da indústria da construção são melhores que há um ano, mas permanecem debilitadas. Os índices estão abaixo dos 50 pontos, refletindo insatisfação com as margens de lucro e situação financeira, além de dificuldades de acesso ao crédito. Vide Figura 3.

Figura 3 – Satisfação com a margem de lucro operacional e com a situação financeira

Satisfação com a margem de lucro operacional e com a situação financeira

Índices de difusão (0 a 100 pontos)



Fonte: Adaptado da CNI (2017)

Diante desse contexto, tendo vista o maior interesse pelas empresas construtoras na adoção das práticas do *Lean Construction* e sua importância na redução das perdas e desperdícios nas obras, e buscando suprir uma lacuna de estudos similares no contexto brasileiro e no mundo conforme visto na seção 1, o presente trabalho se justifica por propor a adoção das práticas do *Lean Construction* na redução dos Resíduos da construção civil, associada à necessidade de se compreender melhor o processo de como as práticas do *Lean Construction* podem contribuir para a redução dos Resíduos da Construção Civil.

2 REVISÃO TEÓRICA

Nesse capítulo é apresentado o embasamento teórico utilizado para a sustentação e o desenvolvimento do trabalho. De forma sequencial e lógica, inicia-se com o *Lean Manufacturing*, posteriormente o *Lean Construction*, em seguida as ferramentas *lean* e para finalizar a geração de resíduos sólidos e os impactos ambientais.

2.1 LEAN MANUFACTURING

A primeira concepção do pensamento enxuto surgiu com Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, que, em meados de 1950, em período ainda de escassez de recursos materiais, financeiros e humanos, por conta da Segunda Guerra Mundial, propuseram um novo sistema de produção para a indústria automobilística da Toyota, adaptado do sistema de produção norte-americano da indústria Ford Motors. Este novo sistema ficou conhecido como STP – Sistema Toyota de Produção. Womack *et al.* (1990), tendo como objetivo expandir o conhecimento a respeito deste novo sistema de produção japonês, definiram o *lean thinking*, ou pensamento enxuto, que consiste basicamente na identificação e eliminação ou redução das atividades que não agregam valor ao processo, ou seja, desperdícios.

Sob a ótica do pensamento enxuto, existem cinco princípios *lean*: (WOMACK & JONES, 1998),

- Entendimento sobre o que é realmente valor para o cliente (interno ou externo);
- Mapeamento do fluxo de valor dos processos, diferenciando as atividades
 - que agregam valor daquelas que não agregam valor, e, dentro destas,
 - aquelas que podem ser totalmente eliminadas das que só podem ser parcialmente reduzidas (inerentes);
- Busca pelo fluxo contínuo dessas atividades e processos, reduzindo estoques intermediários, tempos de realização de atividades e tempos improdutivo, e aumentando a flexibilidade de saída dos produtos;

- Produção puxada, na qual uma atividade ou produto só é processado se houver demanda do cliente ou da atividade seguinte, evitando grandes estoques e também impactando na flexibilidade de saída dos produtos;
- E, por fim, o incentivo à melhoria contínua através da busca pela perfeição dos processos, tendo em vista a participação efetiva dos realizadores das atividades na identificação dos pontos de melhoria.

A definição do valor na produção *lean* é fundamentada pela voz do cliente, e este conceito norteia o que é ou não é desperdício em uma empresa. Ou seja, desperdício pode ser entendido como qualquer esforço ou iniciativa que não adicione valor ao produto ou serviço. É aquilo que o cliente não reconhece como uma atividade, ou algo que não mereça ser remunerado, afinal, ele não vê o seu valor (WOMACK; JONES, 2004). Shingo (1996) detalhou os sete desperdícios principais identificados anteriormente por Ohno (1997). Liker (2005), por sua vez, acrescentou um oitavo. São eles:

- Superprodução – Produzir itens em excesso ou cedo demais, resultando em perdas com excesso de pessoal e de estoque e custos de transporte devido ao estoque excessivo.
- Espera – Longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informações. Normalmente ocorre quando funcionários simplesmente não têm trabalho a fazer, pois estão aguardando o processo anterior finalizar suas atividades, ou porque existem atrasos no processo, interrupções de processamento ou desbalanceamento de tarefas.
- Transporte desnecessário – Movimento de materiais em processo por longas distâncias e de maneira ineficiente, para dentro ou para fora do estoque ou entre processos.
- Processamento incorreto – Também conhecido como super processamento. Etapas desnecessárias ao se executar certa atividade, quando uma abordagem mais simples pode ser mais efetiva. Pode ser observado quando se utilizam ferramentas, sistemas ou procedimentos que produzam defeitos ou movimentos desnecessários.
- Excesso de estoque – Excesso de matéria-prima ou estoque em processo. É oneroso por diversos motivos: ocupação de espaço físico para armazenagem, múltiplas movimentações de materiais, custo de capital

circulante, risco de obsolescência e danificações, comprometimento da qualidade e da segurança do local de trabalho, aumento considerável do lead-time.

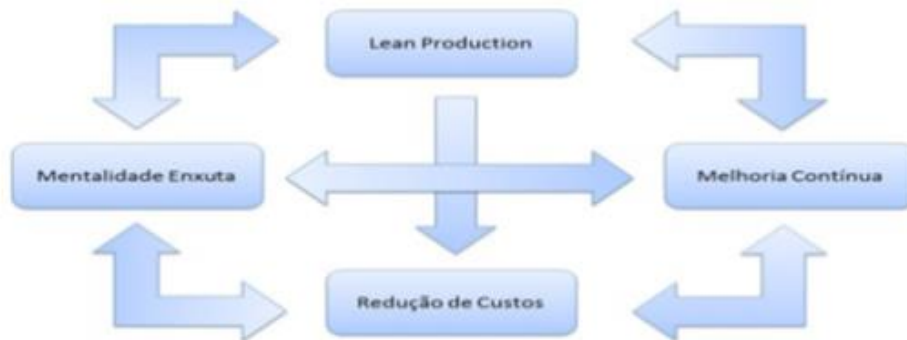
- Movimento desnecessário – Movimentos inúteis executados pelos funcionários, tais como procurar itens, empilhar materiais e caminhar de um ponto a outro do local de trabalho. Muitas vezes causado pela desorganização do ambiente de trabalho ou pela utilização de um layout ruim.
- Defeitos – Retrabalhos, consertos, inspeções de qualidade, ocasionando perdas de manuseio, aumento do lead-time e esforços desnecessários.
- Desperdício da criatividade dos funcionários – Também chamado de desperdício de talento. Significa não aproveitar as habilidades individuais e a criatividade de cada funcionário, desperdiçando possibilidades de melhoria por não envolver nem gerenciar os recursos de maneira eficiente.

A eliminação de tais desperdícios dá-se através de inúmeras técnicas e conceitos, das quais é possível citar: fluxo unitário, contínuo e puxado de peças, utilização de mecanismos de prevenção de falhas, nivelamento da produção, padronização dos processos, organização do posto de trabalho, e muitas outras (WOMACK et al., 1992).

O conceito da filosofia *Lean* (enxuta) parte do princípio de que há desperdício em todos os lugares em uma organização, e ter a mentalidade enxuta é direcionar a empresa para fazer cada vez mais com cada vez menos, e sempre com a finalidade de oferecer aos clientes o que eles realmente desejam no tempo que necessitarem, tornando as empresas mais flexíveis e capazes de responder efetivamente às necessidades dos clientes e ainda conseguir desenvolver, produzir e distribuir produtos com menos esforço humano, espaço, recursos, tempo e despesas globais (MORAES e SAHB, 2004).

Segundo Womack e Jones (1996, p. 180), o pensamento enxuto é “*uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz*”. A Figura 4 representa a influência da mentalidade enxuta nas organizações.

Figura 4 - Diagrama esquemático da influência da mentalidade enxuta



Fonte: Adaptado de SILVA FILHO (1998).

Conforme Moraes e Sahb (2004), na prática, os benefícios que a filosofia *Lean* propicia às empresas são conseguidos principalmente por meio de:

- Produção integrada, com pequenos estoques, usando gerenciamento JIT;
- Produção puxada pelos clientes (ao invés de empurrada);
- Ênfase na prevenção e no controle da qualidade, em lugar da detecção ou correção;
- Trabalho organizado em equipes;
- Equipes polivalentes dedicadas à eliminação de atividades que não agregam valor;
- Integração de toda a rede de suprimento, desde a matéria-prima até o cliente final.

É interessante apresentar uma análise comparativa (Quadro 1) que mostre as vantagens da Produção Enxuta sobre a produção convencional, em termos de redução de desperdícios e aumento da produtividade (ALVES, 2000).

Quadro 1 - Diferenças entre a produção em massa e a Produção Enxuta

PRODUÇÃO EM MASSA	PRODUÇÃO ENXUTA
Elevado número de trabalhadores indiretos.	Inexistência de trabalhadores indiretos.
Existência de espaço para as áreas de reparos e estoques.	Quantidade de espaço mínima dentro da fábrica, para facilitar a comunicação e evitar os estoques; quase inexistência de áreas de retrabalho.
Distribuição de trabalho desigual - ritmos de produção diferentes.	Peças fluindo uniformemente, e tarefas de produção com ritmo equilibrado.
Produção em grandes lotes.	Produção em pequenos lotes.
Elevadas quantidades de estoque junto às estações de trabalho.	Inexistência de almoxarifados de peças; e junto às estações de trabalho encontram-se apenas

	as quantidades de peças requisitadas.
Pouca flexibilidade - máquinas dedicadas (exigem tempo para a realização de modificações no tipo de produto a ser fabricado).	Existência de flexibilidade na produção devido aos baixos tempos de <i>setup</i> ; diferentes produtos podem ser fabricados, em curtos intervalos de tempo.
Investigação e correção de defeitos no produto acabado (retrabalho).	Investigação e correção do problema, até a última causa (5 porquês), antes que o erro se propague na linha de montagem.
Somente os gerentes sêniores podem parar a linha.	Os trabalhadores podem parar a linha quando um problema é encontrado.

Fonte: adaptado de WOMACK et al., (1992)

2.2 LEAN CONSTRUCTION

Segundo Koskela (1992), a *Lean Construction*, também conhecida como Nova Filosofia de Produção (NFP), foi desenvolvida com base no sistema de produção da indústria automobilística, porém adaptada para a construção civil. O modelo de processo da Construção Enxuta consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria-prima até o produto final, sendo o mesmo composto por atividades de transporte, espera processamento e inspeção.

O que os diferenciam é o fato do novo modelo de processo de produção considerar tanto as etapas de conversão de espera, processamento e inspeção, essenciais para o aumento da matéria prima em produto quanto o fluxo das atividades, como movimentação, produtividade, visando melhor desempenho com menores desperdícios. Outra característica que diferencia é o valor está relacionado à satisfação do cliente, tanto interno quanto externo, sendo isto essencial para a execução do processo. (TOMMELEIN, 2004)

O sistema de produção enxuto foi bastante difundido, inicialmente, dentre as indústrias automobilísticas, dado que seu embrião (Sistema Toyota de Produção) advinha de uma montadora de carros. Em seguida, outros setores da indústria passaram a tentar implementar as ferramentas, práticas e conceitos enxutos. Na década de 1990, chegara o momento chave da indústria da construção civil de conhecer as práticas *lean*. A indústria da construção civil é estigmatizada pelos grandes desperdícios de materiais, tecnologias praticamente artesanais e desqualificação da mão-de-obra, resultando em baixa produtividade e altos custos (LORENZON, 2006).

Durante a década de 1990, tal cenário passou a sofrer algumas modificações, principalmente por conta do aumento da competitividade entre

empresas e maior exigência dos clientes consumidores, em prol de menores custos, maior flexibilidade de saída e qualidade. Sendo assim, algumas empresas passaram a buscar novas tecnologias de produção, sistemas de gestão e melhores desempenhos (NOVAES, 2008).

O *lean construction* (construção enxuta) surgiu nesse período, com a publicação do trabalho *Application of the new production philosophy in the construction industry*, por Koskela (1992). Em 1994, e baseado naquele, foi criado o IGLC – *International Group for Lean Construction*, que funciona como instituição de multiplicação desta filosofia a nível mundial. A filosofia da construção enxuta, como já dito anteriormente, é uma adaptação e orientação do sistema de produção enxuta exclusivamente para a área da construção civil. Isto porque a indústria da construção possui suas peculiaridades em relação à indústria fabril (KOSKELA, 1992).

Como por exemplo, pode-se citar a principal diferença: o *layout* posicional. Na construção civil, a indústria se instala aonde o produto será realizado, e, uma vez finalizado o processo, a indústria é desinstalada e mobilizada para outro local; já para a indústria fabril, o produto é quem se move pela fábrica, muitas vezes através de uma linha de produção, de modo que o chão de fábrica é imóvel. Isto influencia significativamente em custos, processos de produção, organização dos recursos humanos, materiais e físicos, etc. (KOSKELA, 2000).

Além disso, Koskela (1992) também ressalta as seguintes peculiaridades entre a construção civil e a produção industrial: os projetos de empreendimentos extremamente diferenciados entre si e complexos, ou seja, não existem empreendimentos repetidos que possibilitem projetos e produção iguais entre eles; o fato de que o canteiro de obras reúne, pelo seu determinado período de obras, diferentes empresas e empregados, contratados seja particularmente para aquele empreendimento ou não; e a constante intervenção das autoridades regulatórias para fiscalização e aprovações de projetos e canteiro de obras.

De acordo com Koskela (1992), existe na construção civil outro tipo de fluxo na produção, além dos fluxos de montagem, de materiais e informações, que também precisa ser gerenciado com atenção, denominado fluxo de trabalho, referente a todas as operações exercidas pelas equipes no canteiro de obras. A operação, neste contexto, refere-se ao trabalho realizado por equipes ou máquinas. É interessante destacar que algumas operações podem estar fora do fluxo de materiais, como, por exemplo, manutenção de equipamentos, limpeza, etc. Por outro

lado, algumas atividades do processo não envolvem operações, como é o caso de espera (estocagem) de materiais. O mesmo autor apresenta onze princípios que auxiliam na gestão de processos. Estes estão descritos a seguir:

- Reduzir o número de atividades que não agregam valor: permitindo aumento da eficiência e redução das perdas dos processos, não apenas por meio da melhoria do desempenho das atividades de conversão e de fluxo, mas também pela eliminação de algumas das atividades.
- Aumentar o valor da saída considerando os requisitos do cliente: devem-se identificar claramente as necessidades dos dois tipos de clientes, o cliente final e o cliente da atividade posterior, e esta informação deve ser considerada no projeto do produto e na gestão da produção.
- Reduzir a variabilidade: do ponto de vista da gestão de processos, existem duas razões para a redução da variabilidade. Primeiramente, um produto uniforme em geral traz mais satisfação aos clientes, pois a qualidade do produto efetivamente corresponde às especificações previamente estabelecidas. Em segundo lugar, a variabilidade tende a aumentar a parcela de atividades que não agregam valor e o tempo necessário para executar um produto. A utilização de processos padronizados reduz a variabilidade tanto nas atividades de conversão como nas de fluxo;
- Reduzir o tempo de ciclo: este é um princípio que tem origem na filosofia *Just in Time*. A aplicação deste princípio está relacionada à necessidade de reduzir o tempo disponível como mecanismo de forçar a eliminação das atividades de fluxo e, baseado na compressão do tempo das atividades de inspeção, espera e movimentação, é possível obter uma redução. A redução do tempo de ciclo também leva a outras vantagens: entrega mais rápida ao cliente; maior facilidade na gestão dos processos; o efeito aprendizagem tende a aumentar; maior precisão na estimativa de futuras demandas; e maior flexibilidade.
- Simplificar através da minimização do número de passos e partes: um sistema complexo apresenta custo superior, além de ser menos confiável do que sistemas simples. Este princípio é frequentemente utilizado no desenvolvimento de sistemas construtivos racionalizados. Isto ocorre em função das tarefas auxiliares de preparação e conclusão necessárias para

cada passo no processo e também pelo fato de que, em presença de variabilidade, tende a aumentar a possibilidade de interferências entre as equipes.

- Aumento da flexibilidade das saídas: este princípio também está vinculado ao conceito de processo como gerador de valor e pode ser alcançado por meio da redução do tamanho de lotes até praticamente se equivaler à demanda, reduzir a dificuldade de setups e mudanças, customizar o mais tarde possível e treinar trabalhadores em várias tarefas.
- Aumento da transparência do processo: o aumento da transparência de processos tende a tornar os erros mais fáceis de serem identificados no sistema de produção, ao mesmo tempo em que aumenta a disponibilidade de informações, necessárias para a execução das tarefas, facilitando o trabalho. Este princípio pode também ser utilizado como um mecanismo para aumentar o envolvimento da mão de obra no desenvolvimento de melhorias.
- Focar controle em todo o processo: há pelo menos dois pré-requisitos para focar controle no processo, primeiramente todo o processo deve ser medido e em segundo lugar deve haver um responsável pelo controle de todo o processo.
- Introduzir melhoria contínua ao processo: a redução do desperdício e o aumento de valor são atividades interativas e devem ser feitas continuamente. Há alguns métodos para institucionalizar a melhoria contínua, como a medição e o monitoramento das melhorias, o estabelecimento de metas esticadas, a atribuição de responsabilidade sobre as melhorias a todos os operários, o desafio constante na busca de melhores caminhos, e a ligação das melhorias ao controle.
- Balancear melhoria nos fluxos por meio de melhoria nas conversões: fluxos melhorados requerem menos capacidade na conversão; fluxos mais controlados tornam a implantação de novas tecnologias de conversão mais fáceis e essas podem gerar baixa variabilidade, beneficiando os fluxos.
- Benchmark: trata de uma pesquisa no mercado para buscar possibilidades de melhorias através do conhecimento das técnicas da concorrência. Para tal é necessário conhecer o processo, conhecer os

líderes industriais ou concorrentes, descobrindo, compreendendo e comparando as melhores práticas. Assim sendo, atingir a superioridade combinando as forças existentes com as melhores práticas externas.

A implementação da filosofia da construção enxuta, haja vista seus princípios norteadores, é dada por meio da aplicação das mais diversas ferramentas, práticas e conceitos de produção enxuta ao canteiro de obras. É interessante perceber que a adoção de práticas *lean* independe do tamanho da empresa, da tecnologia empregada ou de recursos disponíveis (CONTE, 2002 *apud* LORENZON, 2006), ou seja, é aplicável a qualquer empresa que tenha como objetivo redução de desperdícios, aumento da competitividade e geração de valor para o cliente. Entretanto, mais importante que adotar as práticas *lean* é mantê-las ao longo do tempo, buscando sempre a melhoria contínua no desempenho (Tabela 1).

Tabela 1 – Comparação da Manufatura Enxuta e Construção Enxuta

CINCO PRINCÍPIOS DO <i>LEAN THINKING</i> (WOMACK; JONES, 1998)	ELEMENTOS FUNDAMENTAIS	ONZE PRINCÍPIOS PARA DESENHO DE PROCESSOS (KOSKELA, 1992)	
		Nível 1	Nível 2
VALOR	Pacote produto/serviço de valor ampliado	Reduzir o tempo de ciclo	Simplificar através da redução de passos, partes e ligações; Focar o controle no processo global; Manter equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas conversões. Reduzir a variabilidade Aumentar a transparência do processo
	Redução de lead times		
FLUXO DE VALOR	Alta agregação de valor na empresa estendida	Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor	Reduzir a variabilidade Aumentar a transparência do processo
	Produção em fluxo		
FLUXO	Trabalho padronizado	Aumentar a flexibilidade de saída	Fazer <i>benchmarking</i>
	Produção e entrega <i>just-in-time</i>		
PUXAR	Recursos flexíveis	Introduzir melhoria contínua no processo	
PERFEIÇÃO	Aprendizado rápido e sistematizado		
	Foco comum		

Fonte: Adaptado de Picchi (2003)

Para esta comparação, os princípios foram classificados em dois níveis, sendo o nível 1 mais geral e o nível 2 mais operacional, bem diferente de Koskela (1992) que apresenta os onze princípios sem hierarquização ou classificação. Segundo Picchi (2003), os princípios de Koskela (1992) no nível 1 são muito semelhantes a alguns elementos fundamentais propostos e os do nível 2 são mais específicos, aproximando-se de ferramentas.

2.3 FERRAMENTAS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Neste tópico serão apresentadas as principais ferramentas da construção enxuta, de acordo com as pesquisas de Ohno e Womack, que podem ser utilizadas para implantação em obras de construção.

2.3.1 PLANEJAMENTO

Um bom planejamento melhora a produtividade por meio da redução de atrasos, promove a realização do trabalho na melhor sequência construtiva, combina a força de trabalho com o trabalho disponível, coordena atividades polivalentes interdependentes, entre outras (WIGINESCKI, 2009).

Para Solomon (2004), o planejamento deve incluir organização, ou seja, sair de uma posição unicamente de alocação de tarefas para a estruturação de um ambiente adequado para a ação humana. A execução deve ser um canal de mão dupla, que atinja metas por meio do comprometimento. O gerenciamento de controle deve sair da auditoria para a busca de causas em tempo suficiente para a prevenção de problemas futuros.

Bernardes (2001) apresenta a seguir, com base no trabalho de vários autores, os diferentes níveis de planejamento baseados nos níveis gerenciais:

- Planejamento de longo prazo: devido à incerteza no ambiente da construção, este modelo de planejamento apresenta um baixo grau de detalhamento de atividades;
- Planejamento de médio prazo: também conhecido como planejamento tático ou *lookahead planning*, vincula as atividades estabelecidas no planejamento de longo prazo às atividades do planejamento de curto prazo;
- Planejamento de curto prazo: também conhecido como planejamento operacional, apresenta as tarefas a serem realizadas e suas respectivas

equipes; o prazo em que o planejamento é realizado pode ser diário, semanal ou quinzenal. Uma ferramenta utilizada para ele em nível de planejamento é o *Last Planner*.

Com essa divisão em níveis, o planejamento traz uma melhor definição das atividades, proporcionando melhor visão ao gerente e aos envolvidos, já que a capacidade humana de conservar informações é reduzida (BERNARDES, 2001).

Esse modelo proposto tem como principais finalidades:

- Fazer do PCP um processo gerencial, apresentando transparência no processo;
- Reduzir incertezas no processo de produção;
- Formalizar o planejamento para consultas e introdução de melhorias de produção ou na tomada de decisões;
- Melhorar o gerenciamento;
- Facilitar o controle.

A hierarquização do planejamento se refere à maneira como as metas de produção são vinculadas aos horizontes de longo, médio e curto prazo. Nesse caso, o detalhamento das metas fixadas nos diferentes níveis de planos deve ser maior, na medida em que se aproxima a data de execução da atividade, podendo ser colocado como uma forma de se reduzir o impacto da incerteza existente no ambiente produtivo (BERNARDES, 2003).

2.3.2 PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO OU ESTRATÉGICO VIA LOB E PERT/CPM

No planejamento de longo prazo, o horizonte dos planos abrange todo o período de construção e tem como objetivo a definição dos ritmos das atividades, que constituem as grandes etapas construtivas do empreendimento, como a estrutura, a alvenaria e as instalações hidrossanitárias (MENDES JR; HEINECK, 1998). Também se deve analisar o planejamento em função do fluxo de recursos financeiros, desenvolvidos no estudo de viabilidade e a partir da estimativa de custo são dadas instruções para a coordenação dessas atividades (TOMMELEIN; BALLARD, 1997).

A elaboração dos planos é realizada a partir do uso de técnicas de programação, como a linha de balanço, no qual são especificadas informações a

respeito do início e do fim das atividades, bem como a duração máxima necessária para a execução do empreendimento (TOMMELEIN; BALLARD, 1997; MENDES JR.; HEINECK, 1998).

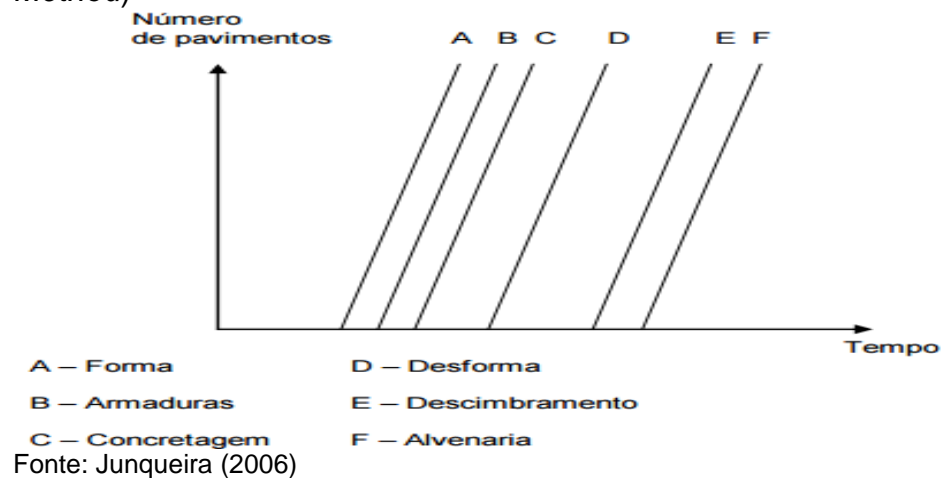
Outras técnicas utilizadas para elaboração de planos se fazem através da utilização de *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), *Critical Path Method* (CPM) e Gráfico de Gantt, que podem ser encontrados em conjunto em softwares como MS Project e Open Project.

A técnica da Linha de Balanço (*Line of Balance* - LOB) para programação de tarefas foi criada pela Goodyear nos anos 1940. Suas primeiras aplicações foram na indústria de manufaturados para programar o fluxo de produção. O método da LOB é um dos métodos mais conhecidos entre os pesquisadores para a programação de projetos lineares (JUNQUEIRA, 2006).

A Linha de Balanço é uma técnica de planejamento e controle que considera o caráter repetitivo das atividades de uma edificação. Por meio da Linha de Balanço, o engenheiro da obra passará a ter uma visão mais simples da execução das atividades, servindo como ferramenta de apoio na melhoria da produtividade e da qualidade nos canteiros e poderá dispor de uma técnica eminentemente gráfica (visual) que será um valioso aliado nas suas comunicações em obra (JUNQUEIRA, 2006).

A técnica é de aplicação bastante simples, principalmente porque pode ser feita graficamente, se assumirmos a linearidade do desenvolvimento da tarefa, podendo ser visualizada em um gráfico espaço x tempo, indicando a unidade e quando a tarefa é executada nesta unidade. Cada linha do gráfico corresponderá a uma tarefa, conforme pode ser visto na Figura 5 (JUNQUEIRA, 2006).

Figura 5 – Método da Linha de Balanço (LOB – *Line of Balance Method*)



Através da adoção do conceito da Linha de Balanço, as atividades seguirão ritmos de produção definidos, permitindo dizer que a produção está balanceada. Esse balanceamento permite definir quantas unidades (cômodos, apartamentos ou pavimentos) estarão concluídas em um determinado tempo, permitindo estudo de reaproveitamento de equipes, melhor programação das equipes, evitar interrupções do trabalho de uma equipe, melhorando sua produtividade, minimização dos estoques e produtos em processo, entre os benefícios mais importantes (JUNQUEIRA, 2006).

Segundo Mendes Jr. (1998), a vantagem da aplicação da linha de balanço e projetos de construção repetitiva é o seu uso para prever ou analisar facilmente o ritmo de qualquer processo. Como limitação ao uso dessa técnica, tem-se que esta assume que a produção é linear, isto é, em ritmo de produção constante ao longo do tempo e há falta de adaptação a sistema de computadores.

Em 1956, a Companhia Dupont de Nemours, localizada nos EUA, com receio de não conseguir realizar os lançamentos de novos produtos nos prazos contratados, formou um grupo de trabalho com a missão de estudar novas técnicas de administração no setor de engenharia. Assim, desenvolveu-se o método CPM (*Critical Path Method* ou Método do Caminho Crítico), para a realização de seus objetivos (BOITEUX, 1985 *apud* OLIVEIRA, 2013).

O método PERT (*Program Evaluation and Review Technique* ou Técnica de Avaliação e Revisão de Programa) começou a ser utilizado pela Marinha dos EUA no início de 1959, na direção do programa Polaris. Entretanto, esse método teve sua origem em 1956, quando a Oficina de Projetos Especiais da Marinha começou a

estudar ideias sobre o controle desse projeto para terminá-lo em tempo previsto (GETZ, 1969 *apud* SANCHES; FERNANDES, 2013). Cukierman (2000) afirma que, embora os métodos sejam diferentes, não há maiores vantagens práticas em considerá-los como dois sistemas distintos.

O planejamento com os métodos PERT/CPM é realizado através de uma rede, apresentando uma sequência lógica do planejamento, com as interdependências entre as operações, a fim de alcançar um determinado objetivo. São colocadas na rede as durações das tarefas, para permitir uma análise de otimização de tempo e/ou de custo e programação em calendário (HIRSCHFELD, 1978 *apud* OLIVEIRA, 2013).

O método PERT/CPM traz grandes vantagens para o gerenciamento de projetos, pois auxilia no planejamento, programação, coordenação e controle do projeto, evitando ou minimizando o risco dos efeitos advindos de uma ocorrência inesperada ou acidental durante a execução do projeto. (CUKIERMAN, 2000)

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

De acordo com Chase; Jacobs; Aquilano (2006), o objetivo principal da ferramenta PERT/CPM é determinar as informações para programação de cada atividade no projeto, possibilitando calcular quando uma atividade deve iniciar e terminar e também se essas atividades compõem o caminho crítico do projeto. Segundo Duffy (2006, p.13), “a finalidade primordial do PERT/CPM é estabelecer o caminho crítico desde o início do projeto, de forma que o administrador possa planejar essas tarefas críticas com muito cuidado”.

Martins e Laugeni (2006) definem o caminho crítico de um projeto como a sequência das tarefas que determina a duração do projeto, e as atividades que compõem o caminho crítico são denominadas atividades críticas. Caso ocorra algum atraso em alguma das atividades críticas, todo o projeto atrasará.

2.3.3 PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO, TÁTICO OU LOOKAHEAD PLANNING

O sistema de planejamento *lookahead* trabalha com o controle de fluxo do projeto, dos suprimentos e da instalação através das unidades de produção. Nesse planejamento, as atividades que devem ser feitas em médio prazo são identificadas e destacadas, de maneira que as restrições e os problemas futuros possam ser trabalhados para possibilitar a realização da tarefa (WIGINESCKI, 2009).

Essas funções trabalham por meio de processos específicos, incluindo a definição da atividade, a análise de restrições, puxando o trabalho para unidades de produção e combinando carregamento e capacidade (BALLARD, 2000).

De acordo com Bernardes (2001), com o *lookahead* é possível analisar os fluxos de trabalho, de maneira que seu sequenciamento permita a redução de atividades que não agregam valor no processo de produção. Esses processos, segundo Ballard (2000), trabalham com as seguintes funções:

- Moldar a sequência do fluxo e a taxa de trabalho;
- Combinar o fluxo de trabalho com a capacidade;
- Decompor o cronograma geral de atividades em pacotes de trabalho e operações;
- Desenvolver métodos detalhados para executar o trabalho;
- Manter atividades executáveis (mas não prioritárias) prontas para serem executadas;
- Atualizar e revisar o cronograma de nível geral de acordo com a necessidade.

2.3.4 PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO OU OPERACIONAL, *LAST PLANNER*

O planejamento de curto prazo é o nível no qual são tomadas as últimas decisões a respeito do fluxo de trabalho, tal como pequenos ajustes no sequenciamento das equipes, em função do cumprimento de tarefas antecedentes e da disponibilidade de recursos, tanto de mão de obra quanto de materiais e equipamentos. Dessa forma, procura-se eliminar ou reduzir a influência de imprevistos que dificultam a execução completa das tarefas (BALLARD; HOWELL, 1997).

Bernardes (2003), ao citar alguns desses autores, ressalta que a aplicação conjunta do plano de curto prazo, com o *lookahead*, faz parte de um conjunto de

ferramentas que facilitam a implementação do sistema de controle da produção *Last Planner* e define esse sistema como uma filosofia que busca melhorar o desempenho do processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP) através de medidas que protejam a produção contra os efeitos da incerteza.

O LPS apresenta duas funções principais: o controle da unidade de produção e o controle de fluxo do trabalho. A primeira função visa fazer melhores atribuições para os trabalhadores através da aprendizagem contínua e de ações corretivas. Já a segunda função está voltada em fazer com que o fluxo de trabalho siga através da unidade de produção na melhor sequência possível (BALLARD, 2000).

O LPS, em geral, é dividido em três níveis hierárquicos (FORMOSO *et al.*, 2016). O planejamento de longo prazo, também chamado de plano-mestre, planejamento de médio prazo, também chamado por Ballard (2000) de *lookahead planning* o qual foi descrito anteriormente, e o planejamento de curto prazo ou operacional.

No plano de curto prazo são definidos os pacotes que serão efetivamente executados a cada semana (BALLARD, 2000), a partir dos pacotes de trabalho disponibilizados pelo planejamento de médio prazo (portanto, sem restrições a sua execução) (FORMOSO *et al.*, 2016).

O LPS visa melhorar a produtividade apenas permitindo atribuições que foram preparadas para entrar em planos de trabalho semanais, e se concentra em ativamente preparar o trabalho. As atribuições são diretrizes bem definidas e sólidas que determinam que trabalho específico que será feito. A pessoa ou grupo que produz a atribuição é chamado de *Last Planner* (Ballard, 1994).

O *Last Planner* é a pessoa ou grupo responsável pelo planejamento operacional, estruturando o projeto do produto para facilitar a melhoria do fluxo de trabalho e o controle de unidades de produção. No sistema *Last Planner* a sequência de implantação prepara uma estrutura de planejamento de cronograma eficiente (SALEM *et al.*, 2005).

De acordo com Ballard (1994), o *Last Planner* decide quais as tarefas a serem realizadas, ou seja, qual o trabalho específico a ser realizado no dia de amanhã. Ele é único, pois leva diretamente ao trabalho a ser realizado ao invés da produção de outros planos, conforme representado na Figura 6, a seguir:

Figura 6 – Sistema de planejamento do *Last Planner*



Fonte: Adaptado de Ballard (1994)

Segundo Salem *et al.* (2005), o importante papel do *Last Planner* é substituir o planejamento otimizado pelo planejamento realista, avaliando o desempenho dos trabalhadores, com a confiança na sua capacidade de respeitar seus compromissos. Os objetivos do *Last Planner* são puxar as atividades pelo cronograma de fase reversa, por meio de uma equipe de planejamento, e otimizar recursos no longo prazo.

Segundo Ballard (2000), o *Last Planner* pode ser compreendido como um mecanismo para transformar o que deveria ser feito no que pode ser feito, formando um inventário de trabalho pronto, de onde o planejamento de trabalho semanal pode ser feito. Incluir tarefas neste planejamento semanal significa comprometer-se com o que será realmente feito.

Uma importante ferramenta existente no *Last Planner* é o percentual de produção concluída (PPC). Ballard (1994) apresenta o PPC como o número de atividades planejadas e completas, dividido pelo número de atividades planejadas, expresso em porcentagem, ou seja: quantidade de atividades que os supervisores de equipes se comprometeram a fazer, comparada com o que foi realmente feito, é medida pelo PPC, conforme Figura 7.

Figura 7 – Fórmula do PPC

$$\text{PPC} = \frac{\text{ATIVIDADES PLANEJADAS E COMPLEMENTADAS}}{\text{ATIVIDADES PLANEJADAS}}$$

Fonte: Adaptado de Ballar (1994)

A análise das inconformidades pode levar à raiz das causas, de forma que melhorias podem ser feitas em atividades futuras. Apesar dos problemas serem

encontrados no nível do *Last Planner*, as causas destes problemas podem ser encontradas em qualquer um dos níveis de planejamento (BALLARD, 1994).

O PPC se torna o padrão sobre o qual o controle é exercido no nível de produção unitário, sendo derivado de um grupo de diretivas extremamente complexas: cronogramas de projeto, estratégias de execução, taxas unitárias de orçamento etc. Em termos de qualidade do planejamento, quanto maior for o PPC mais trabalho foi realizado de maneira correta com os recursos disponíveis (BALLARD, 2000).

Com o uso do PPC é possível identificar problemas no sistema de produção, e conseqüentemente, com o uso dos cinco porquês, as causas destes problemas também podem ser encontradas. Dentro desta linha de pensamento, Ballard (1994), ensina que a primeira ação a ser tomada ao encontrar problemas é identificar as razões pelas quais o planejado não foi executado.

2.3.5 5S

O programa 5S foi utilizado no Japão após a Segunda Guerra Mundial. Nesse contexto, o país encontrava-se totalmente desorganizado. Segundo Valverde e Cintra (2006), o programa mostrou ser bastante eficaz na reorganização das empresas que buscavam melhorar a qualidade de seus produtos e na reorganização da economia japonesa. Além dessas melhorias, vários outros benefícios puderam ser observados no uso do 5S, como a otimização de espaços, a redução dos tempos improdutivos, o aumento da vida útil de materiais e a redução do risco de acidentes.

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

- Seiri (senso de utilização): separar o material útil do que não é útil, eliminando o desnecessário. Esse é o primeiro passo para a implantação dessa ferramenta. Consiste em selecionar os materiais, classificando-os por: uso frequente, pouco uso e sem uso. Após a seleção, deve-se eliminar o que é desnecessário do local de trabalho. Com esse senso, os benefícios são vários, como: facilidade de trânsito, aumento do espaço no local de trabalho, facilidade de limpeza, entre outros benefícios (LORENZON, 2008);
- Seiton (senso de organização): significa arrumar de maneira organizada e identificar ferramentas e partes, e separá-las e etiquetá-las de acordo com sua especificação (SOLOMON, 2004). Este senso trata da

colocação de objetos de forma adequada para que possam ser utilizados prontamente (baseado na frequência de utilização).

- Seiso (senso de limpeza): significa limpar e inspecionar. Uma área de produção deve ser organizada e limpa no final de cada turno de trabalho e isso deve tomar menos de dez minutos (SOLOMON, 2004). Para a implantação desse senso é fundamental a conscientização sobre a importância e os benefícios da limpeza no local de trabalho, visando um local de trabalho limpo e agradável, tornando mais fácil descobrir falhas e defeitos no trabalho (VALVERDE; CINTRA, 2006).
- Seiketsu (senso de higiene e padronização): significa manter o ambiente de trabalho em condições favoráveis à saúde física e mental. Para o uso desse senso, é necessário que os três sentidos anteriores estejam sendo utilizados como rotina.
- Shitsuke (autodisciplina): significa treinar e encorajar os trabalhadores para criar o hábito de utilizar os primeiros quatro sentidos (SOLOMON, 2004). Neste senso, busca-se a melhoria contínua, por meio do desenvolvimento da força de vontade, da criatividade, do comprometimento e do senso crítico do trabalhador.

Quando um ambiente de trabalho é limpo, seguro e organizado, a segurança melhora e a produtividade tende a aumentar devido à eliminação de atividades que não agregam valor como procura, espera por ferramentas, materiais ou informações (FORMOSO *et al.*, 2001).

Segundo Gonzalez (2002), a implantação dos 5S deve ser iniciada pelos três primeiros sentidos, possibilitando uma melhoria de 50%. Sua implantação é fácil de começar, entretanto é difícil de manter. Sua manutenção exige a mudança na cultura pessoal para que se possa atingir a autodisciplina.

2.3.6 GERENCIAMENTO VISUAL, ANDON E TRANSPARÊNCIA

De acordo com Werkema (2010), a Gestão visual é a colocação de todas as ferramentas, peças, atividades de produção e indicadores de desempenho do sistema de produção em um local acessível, para que possa ser entendida rapidamente por todos os envolvidos. Ainda segundo a autora, é importante destacar que o 5S e a padronização representam as bases para a implementação da gestão visual.

As vantagens do uso da Gestão Visual resultam nos seguintes benefícios para a empresa (WERKEMA, 2010):

- Melhoria da comunicação entre departamentos e turnos de trabalho e do feedback entre operadores, supervisores e gerentes.
- Aumento da rapidez de resposta na ocorrência de anomalias.
- Melhoria da compreensão sobre o funcionamento da produção.
- Visualização imediata do alcance – ou não – da meta estabelecida para a performance diária dos processos.
- Aumento da conscientização para a eliminação de desperdícios.
- Melhoria da capacidade de estabelecer e apresentar prioridades de trabalho.
- Visualização imediata dos procedimentos operacionais padrão utilizados.

Segundo Pinto (2003), a gestão visual é uma ferramenta capaz de transformar o local de trabalho em uma imagem representativa da realidade, uma vez que o local onde existe a gestão visual comunica-se por sim mesmo.

A alta rotatividade de operários e a presença de várias equipes distintas que se deslocam para dentro e para fora da construção tornam ainda mais importante à implantação de dispositivos visuais (FORMOSO *et al.*, 2001).

Uma ferramenta de gestão visual que mostra o estado das operações em uma área em um único local e avisa quando ocorre algo anormal chama-se *Andon* (Léxico *Lean*, 2003). Entre os benefícios destacados, Koskela (2000) aponta as melhorias na comunicação em obra, prevenção de paradas na linha de produção com consequente alcance do fluxo contínuo, aumento da transparência no controle dos processos e promoção da automação.

A transparência permite ao sistema produtivo visualizar melhor o que está de fato acontecendo em suas diversas etapas, facilitando a realização de melhorias (BAUMHARDT, 2002). O nível de transparência deveria ser suficiente para que até mesmo visitantes sejam capazes de compreender a situação atual de um sistema de produção e, conseqüentemente, identificar os problemas existentes (MOSER; SANTOS, 2003).

De acordo com Formoso *et al.* (2001), o baixo nível de transparência em canteiros de obras contribui para que os sistemas de produção na construção,

geralmente, funcionem bastante abaixo de sua capacidade total. Embora o uso da transparência na construção civil seja um fato recente, várias características desses princípios tinham sido levadas em conta desde o início do século passado (OLIVEIRA *et al.*, 2000). De maneira geral, os trabalhadores não sabem exatamente o que é esperado deles ou qual foi o seu desempenho (FORMOSO *et al.*, 2001).

Nesse contexto, segundo Santos (1999), o aumento da transparência significa aumentar a habilidade da produção em se comunicar com os trabalhadores, de modo que eles saibam o que devem fazer, como e quando. Essa é uma das principais ideias básicas de vários métodos e técnicas gerenciais como gerenciamento visual, *kanban*, programas 5S, *andon*, *poka-yoke*, entre outros.

Para Amaral (2004), uma atividade é transparente quando se pode identificar ou evitar eventuais problemas, levando à melhoria contínua na produção. Nesse caso, a autora aponta a importância das informações visuais, pois permitem ao operário identificar situações e objetos rapidamente, tornando o ambiente autoexplicativo.

2.3.7 PLANO DE AÇÃO (5W2H)

A técnica 5W2H é chamada de plano de ação, sendo capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas. Uma ferramenta de caráter gerencial, que se aplica à realidade das equipes de aprimoramento no planejamento e condução de suas atividades, identificando as ações e as responsabilidades de forma organizada para sua execução. Segue os elementos básicos que se convencionou chamar 5W2H (OLIVEIRA, 1996). A Tabela 2 traz um resumo da técnica 5W2H.

Tabela 2 – Resumo de 5W2H (plano de ação)

QUESTIONAMENTO	TRADUÇÃO	RESPOSTA PROCURADA
<i>What?</i>	O que será feito?	(ação, etapas, descrição)
<i>Why?</i>	Por que deve ser executada a tarefa ou projeto?	(justificativa, motivo)
<i>Where?</i>	Onde cada etapa será executada?	(local)
<i>When?</i>	Quando cada uma das etapas deverá ser executada?	(tempo, datas, prazos)
<i>Who?</i>	Quem realizará as tarefas?	(responsabilidade pela ação)
<i>How?</i>	Como deverá ser realizada cada tarefa/etapa?	(método, processo)
<i>How much?</i>	Quanto custará cada etapa?	(custo ou gastos envolvidos)

Fonte: Adaptado de Oliveira (1996)

2.3.8 POKA-YOKE (À PROVA DE ERROS)

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

Para Ghinato (2000), é um mecanismo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade. Trata-se de dispositivos que podem ser adaptados às máquinas e aos equipamentos com o objetivo de parar o seu funcionamento caso haja possibilidade de algum problema na qualidade (WIGINESCKI, 2009). A qualidade é garantida por cada um ainda na linha produtiva e não no final, com o produto pronto.

Segundo Shingo (1996), há duas maneiras nas quais Poka-yoke pode ser usado para evitar e corrigir erros. A frequência com que ocorrem os defeitos e o fato de eles poderem ou não ser corrigidos, uma vez que tenham ocorrido, irá influenciar na escolha entre esses dois métodos.

- A Poka-yoke de controle é o dispositivo corretivo muito eficaz, porque paralisa o processo produtivo até que a condição causadora de defeito tenha sido corrigida. Esse dispositivo identifica situações de maior gravidade;
- A Poka-yoke de advertência permite que o processo produtivo que está gerando o defeito continue mesmo no caso dos trabalhadores não atenderem ao aviso de alerta.

2.3.9 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) tem como objetivo principal auxiliar o desenho do estado atual e futuro dos processos produtivos e o do estado ideal, possibilitando enxergar a trajetória de fabricação de um produto do início até o fim, representando visualmente todos os processos de fluxos de material e informações envolvidos (WIGINESCKI, 2009).

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

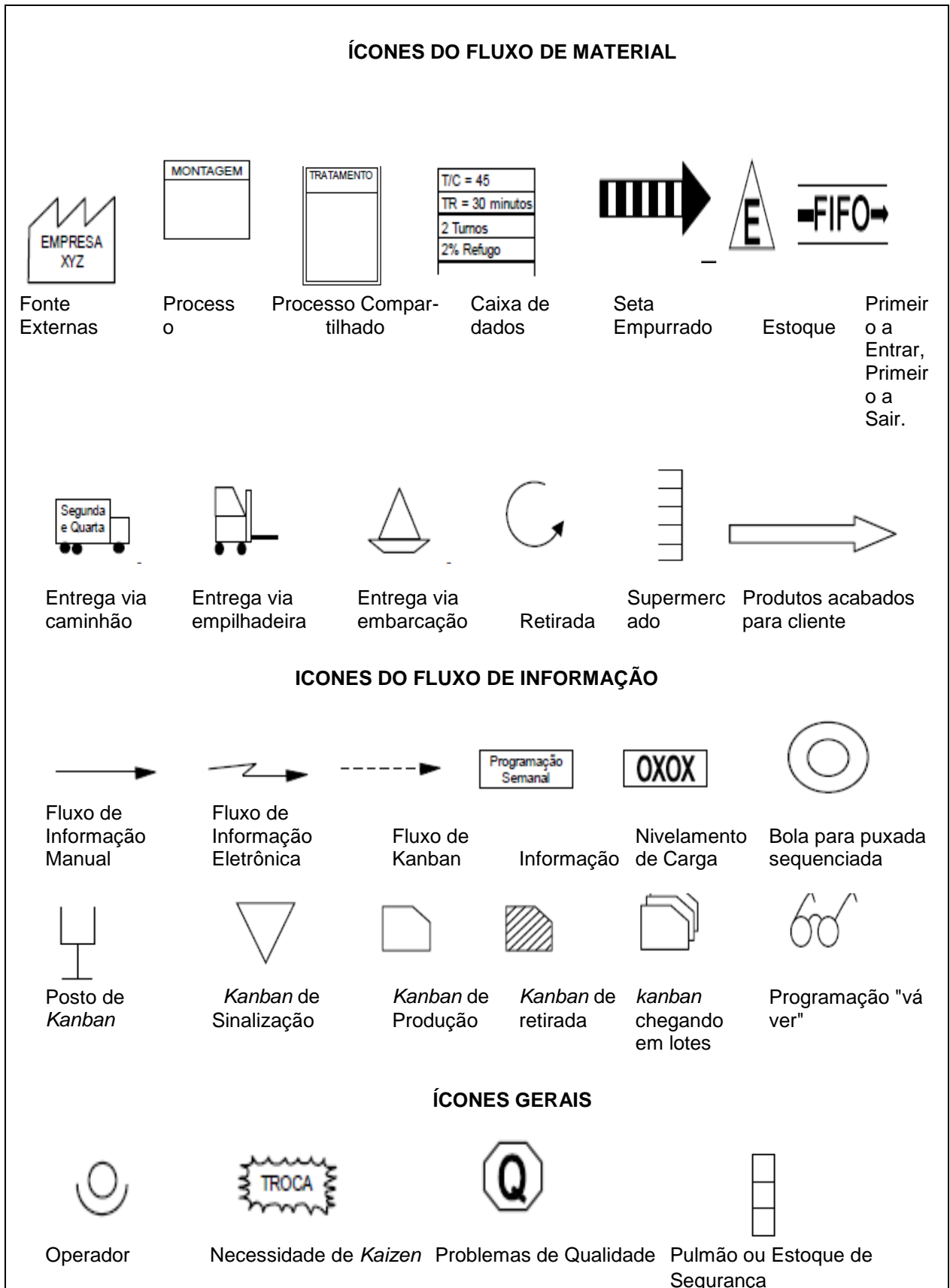
Segundo Walter e Zvirtes (2008), o MFV descreve detalhadamente como a produção deveria operar para criar os movimentos necessários a cada situação. A

partir da utilização de ícones e símbolos são representados o fluxo de materiais e informações que o produto segue no fluxo de valor.

Para Oliveira (2008) esta ferramenta é capaz de desenhar a “trilha” de produção de uma obra, desde o consumidor até o fornecedor e traçar uma representação visual de cada processo e fluxo de materiais e informações, identificando os desperdícios que deverão ser tratados.

A Figura 8 apresenta alguns dos símbolos utilizados conforme Rother e Shook (2003):

Figura 8 – Símbolos utilizados na elaboração do Mapeamento do Fluxo de Valor



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003)

2.3.10 KANBAN

Kanban é uma ferramenta utilizada para o acompanhamento da produção por meio do uso de cartões que regulam o fornecimento de materiais (MAUÉS *et al.*,2008). Para Ghinato (2000), Kanban é um sistema de cartão ou etiqueta que se fundamenta no fornecimento ao posto de trabalho posterior apenas das peças vendidas a este, de forma que o lançamento da fabricação no posto anterior só é realizado após a encomenda realizada pelo posto posterior.

Segundo Barros (2005), o Kanban funciona como uma encomenda interna fornecida a um posto de trabalho e como guia de remessa quando acompanha o produto resultante dessa encomenda. Dessa forma, o Kanban é uma “ordem de fabricação” que circula permanentemente no fluxo de produção, acompanhando o fluxo dos materiais e voltando sozinho para montante logo que os materiais são consumidos. O ritmo de produção é determinado pelo ritmo de circulação dos cartões (Kanban), o qual, por sua vez, é determinado pelo ritmo de consumo dos materiais. Um posto de trabalho a jusante comanda, assim, o posto de trabalho a montante (WIGINESCKI, 2009).

Os Kanbans podem também ser divididos em três tipos (SLACK *et al.*, 1999):

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

Segundo Pinheiro (2005), o método Kanban apresenta como principais vantagens na sua aplicação as seguintes características:

- Permite expor os problemas da fábrica;
- Possibilita uma rápida e eficiente circulação, entre os postos de trabalho, da informação respeitante aos problemas da fábrica (avarias, peças defeituosas etc.);
- Desenvolve a coesão entre os postos de trabalho, em consequência da sua grande interdependência;
- Melhora a adaptação da produção à procura, visto que o tempo de reação a uma modificação eventual da procura é muito curto, porque apenas se produz para corresponder à procura;
- Melhora significativamente o serviço aos clientes, o que, normalmente, traduz-se por uma diminuição dos prazos de entrega;
- Descentraliza e simplifica a gestão, que se efetua diretamente na fábrica;
- Possibilita uma diminuição dos estoques (é um dos seus principais objetivos) e, conseqüentemente, gera uma libertação de espaços na fábrica, melhor arrumação dos espaços, maior facilidade na gestão de estoques e uma reação mais rápida a alterações.

2.4 RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos são gerados em todas as atividades humanas. São subprodutos dos processos econômicos, os quais incluem atividades extrativistas, produção industrial e de serviços, além do consumo e, até mesmo, de preservação ambiental (CARNEIRO *et al.*, 2001).

Durante décadas não havia nenhum cuidado em relação aos seus impactos ao meio ambiente e sua destinação final. Segundo Carneiro (2005, p.13-14), a preocupação com os resíduos sólidos urbanos no Brasil começou a ser percebida, quando os problemas pelo mau gerenciamento dos resíduos passaram a influenciar negativamente na qualidade de vida da população.

Entretanto, diante da crescente preocupação da sociedade com relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou critérios de definição e classificação dos resíduos sólidos, por meio da NBR 10.004 (ABNT, 2004), visando fornecer subsídios para o seu gerenciamento e amenizar seus impactos ambientais.

Segundo essa norma os resíduos sólidos são definidos como: resíduos nos estados sólido e semissólido, resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Considera-se também resíduo sólido, os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, e determinados líquidos que apresentam certas especificidades que a tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível.

Haja vista o significativo impacto ambiental dos resíduos sólidos, no Brasil, nos últimos anos, foram elaborados quatro marcos regulatórios que visam fornecer um respaldo legal consistente na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos no país. Segundo Córdoba (2010), são eles:

- Lei do Saneamento Básico nº 11.445/2007;
- Lei dos Consórcios Públicos nº 11.107/2005 (regulamentado pelo Decreto nº 6.071/2007);
- Lei das Parcerias Público-Privadas nº 11.179/2004;
- Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que institui a Lei nº 12.305/2010, referente à Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Para a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, em seu art. 3º, inciso XVI, os resíduos sólidos são definidos como: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, nos estados sólido ou semissólido, bem como os gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

2.4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004), o processo de classificação dos resíduos ocorre através da análise de suas características físicas e químicas, por meio da avaliação do nível de riscos ao meio ambiente e à saúde pública, além da forma de manuseio e de sua destinação adequada. Assim, esta norma classifica os resíduos em dois grandes grupos: os perigosos e não perigosos, subdividindo estes últimos em inertes e não inertes conforme segue:

- resíduos classe I – perigosos: são aqueles que apresentam periculosidade ou características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, ou constem nos anexos A e B da referida norma;
- resíduos classe II A – não-inertes: são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou resíduos classe II B, podendo ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- resíduos classe II B – inertes: são aqueles que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Os resíduos sólidos são classificados pela PNRS (BRASIL, 2010) quanto à origem e à periculosidade conforme segue:

- Quanto à origem:
 - Resíduos domiciliares;
 - Resíduos de limpeza urbana;
 - Resíduos sólidos urbanos;
 - Resíduos de estabelecimento comerciais e prestadores de serviços;
 - Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico;
 - Resíduos industriais;
 - Resíduos de serviços de saúde;
 - Resíduos da construção civil;
 - Resíduos agrossilvopastoris;
 - Resíduos de serviços de transporte;
 - Resíduos de mineração;
- Quanto à periculosidade:
 - Resíduos perigosos;
 - Resíduos não perigosos.

2.4.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A partir deste tópico será descrito a definição, classificação, origem e composição, perdas na construção civil x geração de resíduos, impactos ambientais e os aspectos legais e normativos relativo aos Resíduos da Construção Civil.

2.4.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para saber a disposição final dos resíduos, bem como gerenciá-lo, é preciso saber a sua classificação. De acordo com a Resolução Conama 348/2004 (Artigo 3o, inciso IV), os RCC são classificados da seguinte forma:

- Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.
- Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros; (redação dada pela Resolução nº 469/2015)
- Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso; (redação dada pela Resolução nº 431/11)
- Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde (redação dada pela Resolução nº 348/04).

A classificação dos RCC em quatro classes distintas possibilita ao gerador realizar um melhor manejo e segregação dos resíduos. Assim, o gerador poderá

identificar a melhor solução para os resíduos gerados no seu empreendimento, atingindo dessa maneira, um menor custo de desperdício (Freitas, 2009).

De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004) os resíduos provenientes de construção e demolição podem ser classificados em resíduos de Classe II B – inertes, ou seja, não reagem quimicamente. Isto se deve ao fato deste resíduo ser constituído por componentes minerais não poluentes e ser praticamente inerte quimicamente. No entanto, muitos casos, dependendo da origem, da composição ou da qualidade destes resíduos, podem apresentar altos níveis de contaminantes que podem inseri-los em outras classes (Lima, 2005).

A mudança de classificação desses resíduos pode ocorrer devido à particularidade dos materiais produzidos em cada obra. Desta forma, uma determinada obra pode apresentar resíduo inerte e outra pode apresentar elementos que o tornam não inerte ou até mesmo perigoso podendo oferecer risco a saúde do ser humano (Silva, 2007).

Importante ressaltar, que em outros países como nos Estados Unidos, os RCC costumam ser classificados de acordo com a atividade específica que o gerou. Assim, conforme Associação Norte Americana de Resíduos Sólidos (SWANA, 1993 *apud* PINTO, 1999), os RCC são classificados em:

- Material de obras viárias;
- Material de escavação;
- Material de demolição de edificações;
- Material de construção e renovação de edifícios;
- Material de construção e renovação de edifícios;
- Material de limpeza de terrenos.

Independentemente da classificação adotada, o fato é que diversas atividades da construção civil geram resíduos em quantidades e composições diferentes, segundo a fase em que a obra se encontra (PINTO, 1999), ou ainda segundo os métodos construtivos utilizados, incluindo as peculiaridades de cada obra e construtora e interferindo diretamente no tipo e na quantidade de resíduos gerados.

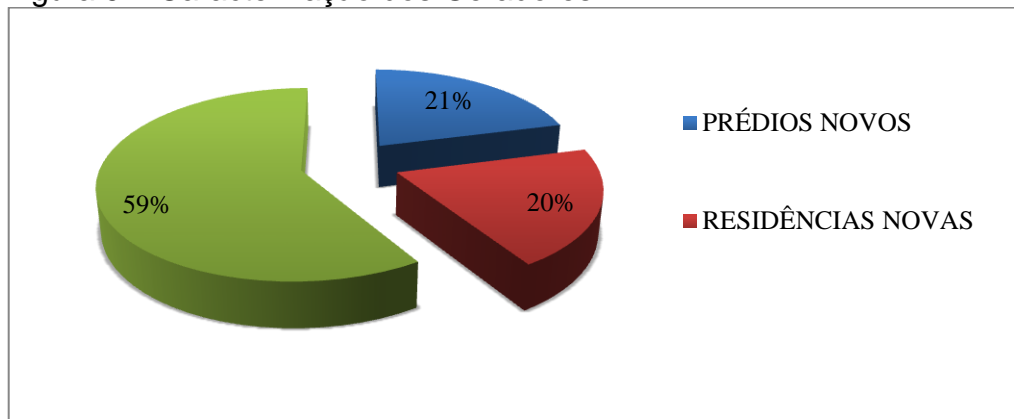
2.4.4 ORIGEM E COMPOSIÇÃO

Quanto às origens os RCD podem ser gerados basicamente de três formas: novas construções, reformas e demolições (MORAIS, 2006). Levy e Helene (1997)

citam ainda fontes como as catástrofes naturais ou artificiais (incêndios, desabamentos, bombardeios, entre outros), deficiências inerentes ao processo construtivo e à baixa qualificação da mão de obra.

Segundo Pinto e Gonzáles (2005), a maior parte da geração de resíduos de construção provém das obras de ampliações e reformas de edificações existentes e sua demolição, que corresponde aproximadamente 60% da origem dos RCC, seguidas pela construção de novas edificações (residenciais, comerciais, industriais, etc.), que juntos correspondem a 41% dos resíduos gerados por esta atividade (Figura 9).

Figura 9 – Caracterização dos Geradores



Fonte: Adaptado de Pinto (2004, p.2)

Os RCD de construções novas e reformas podem surgir em quatro fases distintas da execução da obra, as quais diferem em tempo de realização e em quantidades produzidas. São elas: concretagem, alvenarias, revestimentos e acabamentos podendo diferir em função do tempo e na quantidade produzida (LEVY, 1997).

Cerca de 75% dos resíduos gerados pela construção são oriundos de construções informais (obras não licenciadas de construção, reformas e demolições, geralmente realizadas pelos próprios usuários dos imóveis), enquanto que 15 a 30% são oriundos de obras formais (licenciadas pelo poder público) (PINTO, 2005).

A composição dos resíduos da construção civil é heterogênea e depende do tipo de construção e do grau de desenvolvimento econômico regional. Conforme Levy (1997) e Zordan (2000), um dos motivos para essa heterogeneidade é o fato desses resíduos serem produzidos em um setor com uma grande quantidade de

técnicas e metodologias de produção cujo controle de qualidade do processo é algo novo.

A composição do RCD gerado também varia conforme a localidade da obra, devido às diversidades de tecnologia usada e da matéria-prima disponível. A madeira, por exemplo, é muito utilizada nas construções americanas e japonesas, e nem tanto nas construções europeias e brasileiras. Já o gesso é muito utilizado em construções da Europa e dos Estados Unidos (PINTO, 1999). Outros aspectos, como o desenvolvimento econômico da região e a estação do ano também podem interferir indiretamente na composição dos resíduos (KUNKEL, 2009).

A composição é basicamente formada por componentes inorgânicos e minerais, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, entre outros (KUNKEL, 2009).

Em algumas cidades brasileiras, a composição de RCD corresponde a mais de 60% do total de resíduos gerados em que esse valor corresponde à somatória dos percentuais de argamassa, concreto e material cerâmico, para cada cidade apresentada, conforme mostra Tabela 3.

Tabela 3 – Composição do RCD em algumas cidades Brasileiras

MUNICÍPIO	Fonte	Argamassa (%)	Concreto	Mat. Cer.	Cer. Polida (%)	Rochas e Solos (%)	Outros (%)
São Paulo/SP	BRITO FILHO (1999)	25,2	8,2	29,6	ND	32	5
Porto Alegre/RS	LOVATO (2007)	44,2	18,3	35,6	0,1	1,8	ND
Ribeirão Preto/SP	ZORDAN (1997)	37,4	21,1	20,8	2,5	17,7	0,5
Salvador/BH	QUADROS;O LIVEIRA (2001)		53	9	5	27	6
Campina Grande/PB	NÓBREGA (2002)	28		34	9	1	18
Maceió/AL	VIEIRA (2003)	27,82	18,65	48,15	3,06	ND	2,32

Fonte: Adaptado de Cabral e Moreira (2011, p.15)

Os diversos tipos de obras e atividades ligadas ao setor da construção civil tais como: reformas, manutenção e demolição têm influência direta na composição dos RCC conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Fonte geradora e componente dos RCC (%)

COMPONENTES	Trabalhos Rodoviários	Escavações	Sobras de Demolições	Obras diversas	Setor de Limpeza
Concreto	48	6,1	54,3	17,5	18,4
Tijolo	-	0,3	6,3	12	5
Areia	4,6	9,6	1,4	3,3	1,7
Solo, poeira, lama	16,8	48,9	11,9	16,1	30,5
Rocha	7	32,5	11,4	23,1	23,9
Asfalto	23,6	-	1,6	1	0,1
Metais	-	0,5	3,4	6,1	4,4
Madeira	0,1	1,1	1,6	2,7	3,5
Papel/material org.	-	1	1,6	2,7	3,5
Outros	-	-	0,9	0,9	2

Fonte: Adaptado de Levy (1997)

2.4.5 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL X GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Diante do crescente interesse pelo conhecimento de resíduos gerados pela indústria da construção civil, várias pesquisas foram realizadas no âmbito da questão das perdas e desperdícios na construção civil.

No Brasil, destaca-se o trabalho pioneiro de Pinto (1989) o qual suscitou uma discussão ampla sobre o assunto. Picchi (1993), pela análise e estimativa das perdas financeiras na construção de edificações; Soibelman (1993), pelo número de casos estudados e pelo efetivo acompanhamento do processo de produção na quantificação das perdas; Santos (1995), pelo caráter proativo quanto à detecção e quanto às ações para a redução das perdas de materiais (SOUZA *et al.*, 2004).

No exterior, destacam-se os trabalhos realizados por Skoyles (1976, 1978) e Skoyles; Skoyles (1987), no Reino Unido, iniciados na década de 1960, que serviram de base para os principais trabalhos realizados no Brasil e no exterior. Além destes, destacam-se também os trabalhos realizados por Enshassi (1996), Hong Kong Polytechnic (1993) e Mcdonald e Smithers (1998) (SOUZA *et al.*, 2004).

A geração de resíduo na construção civil pode ocorrer nas diferentes fases do ciclo de vida dos empreendimentos - construção, manutenção e reformas e demolição (Azevedo *et al.*, 2006). A geração de resíduo durante a fase de construção é decorrência das perdas nos processos construtivos (FORMOSO *et al.*, 1998).

Conforme Formoso *et al.* (1996), o conceito de perdas na construção civil é, com frequência, associado unicamente aos desperdícios de materiais. No entanto, as perdas devem ser entendidas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de

equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação. Sendo assim, as perdas englobam tanto a ocorrência de desperdícios de materiais quanto à execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor.

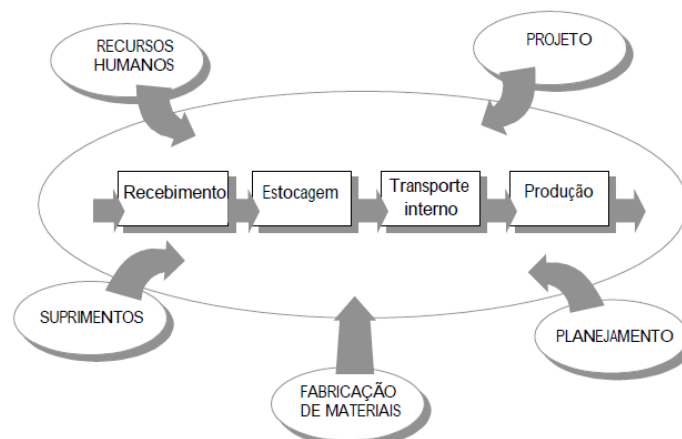
Pinto (1999) relata que no processo construtivo o alto índice de perdas do setor é a principal causa do entulho gerado, embora nem toda perda se transforme efetivamente em resíduo, pois segundo John e Agopyan (2000), parte dessas perdas é incorporada nas construções, na forma de componentes cujas dimensões finais são superiores àquelas projetadas. Como é o caso, por exemplo, da argamassa de revestimento (emboços com maior espessura que a especificada) e peças de concreto.

As perdas foram classificadas de acordo com a possibilidade de serem controladas, sua natureza e sua origem. Os critérios de classificação adotados foram adaptados dos estudos de Shingo (1981) e Skoyles (1987), conforme compilados abaixo:

- Perdas segundo seu controle:
 - Perdas inevitáveis: são aquelas onde o investimento para sua redução ultrapassa a economia gerada por ela, correspondendo, assim, a uma perda aceitável;
 - Perdas evitáveis: são consequências de um processo de baixa qualidade, onde os recursos são empregados de forma inadequada.
- Perdas segundo sua natureza:
 - Perdas por superprodução: são aquelas que ocorrem quando é produzida uma quantidade maior que a necessária; por exemplo: produzir gesso em quantidade acima da consumida em um dia de trabalho;
 - Perdas por substituição: ocorre quando é utilizado um material de desempenho superior ao necessário, como um concreto com resistência maior que a específica no projeto;
 - Perdas no transporte: reflete-se em perdas de tempo, por exemplo: grande distância entre o estoque de material e a obra; ou então perdas de materiais por manuseio incorreto ou pelo uso de equipamentos de transporte inadequados;

- Perdas no procedimento: têm origem nas falhas de procedimentos ou no não cumprimento destes. Além disso, estão relacionadas à falta de treinamento da mão-de-obra, ineficiência dos métodos construtivos ou, então, à falta de detalhamento dos projetos. Por exemplo, pode-se citar a quebra de alvenaria para passagem dos sistemas prediais;
 - Perdas de estoque: ocorrem quando existe estoque excessivo, causado pela programação inadequada da entrega dos materiais ou erros no quantitativo físico da obra, gerando falta de local adequado para estoque. Também pode ocorrer quando o estoque é feito em condições inadequadas como, por exemplo, armazenagem de areia diretamente sobre o solo;
 - Perdas pela elaboração de produtos defeituosos: essas perdas estão relacionadas com a falta de treinamento, utilização de materiais inadequados, problemas de planejamento ou falta de controle do processo construtivo. Causam redução do desempenho final ou retrabalho, como as falhas em impermeabilizações de construções;
 - Outras: englobam perdas por roubo, vandalismo, acidentes entre outros.
- Perdas segundo sua origem:
 - A sua origem pode estar tanto no próprio processo de produção quanto nos processos que o antecedem como fabricação de materiais, preparação dos recursos humanos, projeto, suprimentos e planejamento (Figura 10).

Figura 10 – As perdas segundo seu momento de incidência e sua origem



Uma importante pesquisa foi coordenada pelo Departamento de Engenharia de Construção Civil (PCC) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP – USP) e financiada pelo PROGRAMA HABITARE sobre o tema perdas de materiais, intitulada "Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obra", envolvendo 16 universidades em 12 estados brasileiros, e a participação de várias entidades setoriais de diversas regiões do país, tais como SEBRAE, SENAI, SINDUSCON e SECOVI, cujo objetivo era medir a incidência de perdas em canteiros de obras de várias capitais brasileiras (AGOPYAN *et al.*, 1998).

A pesquisa englobou o estudo de vários dos trabalhos citados anteriormente e, segundo Paliari (1999), permitiu a identificação de aspectos até então não abordados, e avançou significativamente no estudo da questão das perdas e desperdícios. Os resultados demonstraram que existe grande variabilidade nas perdas de materiais entre diferentes empresas e canteiros de uma mesma empresa.

Essa discrepância de valores deve-se à variabilidade no nível de tecnologia nos canteiros de obras de cidades brasileiras, cujos processos vão desde os quase artesanais até tecnologias construtivas que se assemelham a verdadeiras linhas de montagem (MORAIS, 2006). Na Tabela 5 estão demonstrados alguns resultados da pesquisa.

Tabela 5 – Perdas de alguns materiais de construção civil (%)

	Cimento	Aço	Blocos e tijolos	Areia	Concreto Usinado
Min.	6	2	3	7	2
Max.	638	23	48	311	23
Mediana	56	9	13	44	9

Fonte: Agopyan *et al.* (1998)

A Tabela 6 a seguir apresenta a significativa variabilidade dos valores detectados nessa pesquisa e outras para alguns dos materiais comuns à atividade construtiva.

Tabela 6 – Índice médio de perdas dos materiais de construção (%)

MATERIAIS	Pinto (1)	Soibelman (2)	FINEP/ITQC (3)
Concreto usinado	1,5%	13%	9%
Aço	26%	19%	11%
Blocos e tijolos	13%	52%	13%
Cimento	33%	83%	56%
Cal	102%	-	36%
Areia	39%	44%	44%

(1) Valores de uma obra (PINTO, 1989)

(2) Média de 5 obras (SOIBELMAN, 1993)

(3) Mediana de diversos canteiros (SOUZA *et al.*, 1998)

Fonte: Pinto (1999)

Essa variabilidade demonstra a possibilidade de combater as perdas, bem como a geração de resíduos - sem mudança das tecnologias, por meio do aperfeiçoamento de projetos, seleção adequada de materiais, treinamento de recursos humanos, utilização de ferramentas adequadas, melhoria das condições de estoque e transporte e melhor gestão de processos (JOHN; AGOPYAN; 2003).

Um estudo de Brito Filho (1999) observou que a média de resíduos em obra no Brasil é de 33% de concreto e argamassa, 32% de solo, 30% de cerâmica e 5% de outros. Angulo *et al.* (2009) confirmou ainda que quase todos os resíduos de construção e demolição no Brasil vêm de alvenaria e material de concreto.

Nos Estados Unidos segundo Napier (2012) foi realizado um estudo entre (2009-2010) que constatou que do processamento de 20.000 toneladas de resíduos de construção e demolição foram identificados o seguinte percentual de desperdício de alguns materiais de construção; Madeira 30%, concreto 5%, cascalho, agregado e finos, 20%, *drywall* 3%, cobertura de asfalto 5%, metais ferrosos e não ferrosos, 9%, plástico 1%, papel e papel 3% %. Assim, concluiu-se que o fluxo predominante de resíduos nos Estados Unidos vem da madeira, vale ressaltar, no entanto, que a própria apresenta um alto potencial de reutilização na construção e em outras indústrias, como a manufatura.

Tam *et al.* (2007) realizaram uma pesquisa em Hong Kong com o objetivo de avaliar os níveis de desperdício de diferentes materiais de construção em canteiros de obras. Os objetivos específicos do estudo foram identificar o material mais desperdiçado no canteiro de obras de Hong Kong, com foco específico no concreto, bloco, telhas, reforço e cofragem e também determinar como os projetos públicos e

privados e as opções de subcontratação afetam os níveis de desperdício de material. Em sites em Hong Kong. Para tanto, foram investigados 19 projetos de construção entre 2003 e 2005 e foi utilizada abordagem quantitativa.

Esse estudo identificou o seguinte percentual de desperdício nos seguintes materiais de construção com opção de subcontratação de mão de obra; Concreto 8,99%, reforço 7,7%, cofragem, 20%, bloco / tijolo 8,9%, e ladrilhos 15,58%. O estudo concluiu que o material mais desperdiçado no canteiro de obras de Hong Kong é cofragem de madeira, enquanto a opção de subcontratação de mão de obra e projeto público gera o maior nível de resíduos.

Perry e Kristy (2007) empreenderam uma pesquisa sobre a indústria da construção da Austrália, com o objetivo de avaliar a possibilidade de minimização de sua ocorrência no futuro. O estudo foi realizado em 23 habitações de média densidade e 20 projetos de construção destacada em Sidney. A abordagem quantitativa e qualitativa foi utilizada pelos pesquisadores na coleta dos dados. O estudo concluiu que os resíduos de tijolo é o maior desperdício em peso gerado no local de construção na Austrália. O estudo confirmou que 75% dos resíduos de tijolos é devido ao corte e foi recomendado que uma mudança no projeto de tijolos poderia reduzir a quantidade de resíduos gerados no local. Embora resíduos de tijolo/blocos podem ser reutilizados ou reciclados, a indústria da construção também poderia estratégia de dispositivo para impedir que ocorra.

O estudo feito por Gihan, Ahmed, and Andel's (2010) no Egito revelou que as taxas mais elevadas de resíduos (13% em média) estavam relacionadas com estruturas de madeira. No entanto, o seu impacto no ambiente é menos negativo do que para outros materiais, uma vez que é vendido no final do projeto aos comerciantes de sucata que, por sua vez, usá-los para trabalhos menores. As taxas de resíduos de aço e de cimento parecem estar dentro das taxas médias permitidas de 7% e 5%, respectivamente. Isso pode ser devido ao seu alto custo na lista de quantidades que teria levado a um maior esforço dos empreiteiros para controlar seus resíduos.

Os custos dessas perdas são distribuídos por toda sociedade e toda cadeia produtiva, desde o aumento do custo final das edificações até os encargos sociais e fiscais cobrados pelas prefeituras. Além disso, geralmente esse custo é embutido em impostos para disponibilizar a remoção, o transporte e o tratamento do resíduo de construção (MENDES *et al.*, 2004).

Uma redução de perdas geradas na fase de construção provoca também uma redução na quantidade de material incorporado à obra, reduzindo a geração de resíduos nas fases de manutenção e demolição (JOHN; AGOPYAN, 2003).

Segundo John e Agopyan (2000), a geração de resíduos na fase de manutenção esta associada a diversos fatores tais como: correção de defeitos (patologias) reforma ou modernização do edifício, ou de partes dos mesmos e substituição de materiais degradados que já tenha atingido o final da vida útil.

Para a redução da geração de resíduos nesta fase os autores propõem: (a) melhoria da qualidade da construção, de forma a reduzir a manutenção causada pela correção de defeitos; (b) projetos flexíveis, que permitam modificações substanciais nos edifícios através da desmontagem que permita a reutilização dos componentes não mais necessários; (c) aumento da vida útil física dos diferentes componentes e da estrutura dos edifícios.

No que se refere a essa fase, o desconhecimento de técnicas apropriadas e a falta de informação quanto à reutilização e reciclagem de materiais são os principais inimigos e geradores de desperdício de materiais, que facilmente teriam grande potencial de aproveitamento e, conseqüentemente, auxiliaria na redução da geração resíduos (BRITO FILHO, 1999).

Na fase de demolição, conforme John e Agopyan (2003), a redução dos resíduos gerados pela demolição de edifícios depende dos seguintes fatores: a) do prolongamento da vida útil dos edifícios e seus componentes, que depende tanto da tecnologia de projeto quanto de materiais; b) da existência de incentivos para que os proprietários realizem modernizações e não demolições; c) e de tecnologia de projeto e demolição ou desmontagem que permita a reutilização dos componentes.

A geração de RCC é diferente entre várias localidades, devido a diversos fatores, como: número de habitantes, nível educacional, costumes da população, poder aquisitivo, leis e regulamentações específicas, processos construtivos, incluindo as peculiaridades de cada construtora, o que irá interferir diretamente no tipo e quantidade de resíduo gerado (COSTA, 2012).

Vários estudos foram realizados visando obter uma estimativa da geração de resíduos da construção civil no Brasil e em diversos países. Na Tabela 7 são apresentadas as principais estimativas da geração de RCC encontrados na literatura.

Tabela 7 – Estimativa de geração de RCC em alguns países

PAÍS	QUANTIDADE ANUAL		
	Em milhões t/ano	Em kg/habitante/ano	Fonte
Suécia	1,2 - 6	136 - 680	Tolstoy, Borkund e Carlson (1998)e EU (1999)
Portugal	3,2 - 4,4	325 - 447	EU (1999) e Ruivo e Veiga (<i>apud</i> Marques Neto, 2009)
Holanda	12,8 - 20,2	820 - 1.300	Lauritzen (1998), Brossink, Brouwers e Van Kessel (1996) e EU (1999)
Brasil	31	230 - 760	Abrelpe (2011), Pinto (1999), Carneiro <i>et al.</i> (2001) e Pinto e Gonzáles (2005)
Reino Unido	50 - 70	600 - 690	Detr (1998) e Lauritzen (1998)
Japão	99	785	Kassai (1998)
Estados Unidos	136 - 171	463 - 584	EPA (1998), Peng, Grosskopf e Kibert (1994)
Dinamarca	2,3 - 10,7	440 - 2.010	Lauritzen (1998)
Bélgica	7,5 - 34,7	735 - 3.359	
Alemanha	79 - 300	963 - 3.658	
Itália	35 - 40	600 - 690	

Fonte: Adaptado de Fernandes (2012)

Segundo John e Agopyan (2003), a grande variabilidade das estimativas apresentadas por diferentes fontes para um mesmo país ocorre em razão da classificação do que é considerado resíduo de construção, pois, alguns autores incluem a remoção de solos, enquanto outros não. Outras razões decorrem da importância relativa da atividade de construção, da tecnologia empregada, da idade dos edifícios, entre outros.

No entanto, conforme enfatizado por Oliveira *et al.* (2011), essas taxas são de utilização limitada para estimativas futuras, haja vista que o ritmo da construção civil é extremamente associado ao momento econômico que determinado país está enfrentando. Desta maneira, retrata a geração de RCC apenas naquele período de estudo ou levantamento.

Uma pesquisa feita pelo Sistema Nacional de Informação de Saneamento - SNIS (Brasil, 2010c), com base nos dados de 2008, envolvendo 372 municípios brasileiros que coletam RCC diretamente ou por contratação de terceiros chegou a uma estimativa de geração de RCC nacional, conforme apresentado na Tabela 6, o qual demonstra que maior quantidade coletada de RCC provém de origem privada. Entretanto, estas quantidades não correspondem ao total de RCC gerados, mas apenas aos coletados, como pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8 – Estimativa de coleta de RCC por origem (2008)

Brasil	Quantidade coletada de RCC de origem pública (t/ano)	Quantidade coletada de RCC de origem privada (t/ano)
Amostra de pesquisa: 372 municípios	7.192.372,71	7.365.566,51

Fonte: SNIS (Brasil, 2010)

Segundo Pinto (1999), como os resíduos oriundos de atividades construtivas são normalmente gerados em grandes volumes, eles representam uma parcela significativa dos RSU. Diante disso, também foram realizados vários estudos em municípios brasileiros visando estimar o volume diário de RCC e estabelecer a participação destes materiais em relação à quantidade de resíduos sólidos urbanos produzidos em determinadas cidades, conforme Tabela 9.

Tabela 9 – Geração de RCD em algumas cidades brasileiras

MUNICÍPIO	FONTE	GERAÇÃO DIÁRIA (t)	PARTICIPAÇÃO EM RELAÇÃO AOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
São José dos Campos	I & T - 1995	17.240	55%
Ribeirão Preto	I & T - 1995	1.308	50%
Jundiaí	I & T - 1995	458	57%
Campinas	I & T - 1996	1.800	64%
São José do Rio Preto	I & T - 1997	620	67%
Santo André	I & T - 1997	733	67%
Guaralhos	I & T - 2001	1.043	70%
Diadema	I & T - 2001	712	62%
Piracicaba	I & T - 2001	687	58%
São Paulo	I & T - 2003	1.013	54%

Fonte: Adaptado Pinto (2005, p. 08)

Em algumas dessas cidades brasileiras a maioria desses resíduos são depositados clandestinamente em córregos e drenagens, colaborando para

enchentes, favorecendo a proliferação de mosquitos e outros vetores, levando boa parte das prefeituras a usar parte dos recursos públicos para uma remoção adequada. (LIMA, 2005). Dessa forma, verifica-se a necessidade das empresas construtoras adotarem medidas para gerenciar e reduzir a geração desses resíduos para minimização dos impactos ambientais.

LI *et al.* (2011) relatam que, em Xangai, na China, por exemplo, estima-se que a quantidade gerada desses resíduos é de 21.100.000 toneladas/ano, que representam 45% do total de resíduos sólidos gerados. Em Hong Kong segundo o Departamento de proteção ambiental (2002), 3.158 toneladas por dia de resíduos são depositados em aterros representando 23% do total de resíduos sólidos.

Nos Estados Unidos em 2007 os resíduos da construção e demolição representaram 26% dos resíduos sólidos (USEPD, 2009) e 48% dos resíduos sólidos na Coreia do Sul em 2013 (Ministério do Meio Ambiente e Coreia do Meio Ambiente, 2014).

O Reino Unido gerou um total de 200 milhões de toneladas de resíduos em 2012, metade dos quais foi gerada a partir de atividades de construção e demolição (DEFRA, 2015). Enquanto isso, o volume de resíduos da construção e demolição gerado anualmente na Índia foi de 14,5 milhões de toneladas, este número é apenas uma estimativa, uma vez que é difícil produzir uma quantidade exata de resíduos gerados devido à falta de informação (Pappu *et al.*, 2007). A Malásia não é exceção, gera 26 mil toneladas de resíduos da construção e demolição diariamente que congestionam os aterros já sobrecarregados (Zulzaha, 2014).

Os Emirados Árabes Unidos (EAU) são considerados um dos maiores produtores de resíduos, dos quais 75% é proveniente de resíduos de construção segundo o site oficial do Ministério da Informação e Cultura (2007) e ocupa o segundo lugar nos EUA em termos de percentagem de resíduos per capita entre os países do mundo.

A quantidade de resíduos de construção depositados no aterro sanitário de Dubai em 2007 atingiu 27,7 milhões de toneladas, quase três vezes o volume gerado em 2006 (ou seja, 10,6 milhões de toneladas) conforme Agyekum, Ayarkwa e Adjei-kumi (2013). A indústria da construção da Austrália gera cerca de 13.000 milhões de toneladas de resíduos, o que equivale a cerca de 42% do total de resíduos gerados na Austrália (ABS, 2013).

2.4.6 IMPACTOS DA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A falta de medidas gerenciais em relação aos Resíduos da Construção Civil provoca sérios impactos nos centros urbanos, os quais afetam negativamente direta e indiretamente a sociedade, a economia e o meio ambiente.

No âmbito social, o problema ocorre quando os Resíduos da Construção Civil, muitas das vezes, acabam sendo depositados em rios, logradouros públicos, vias e locais irregulares, comprometendo a qualidade de vida da população e a paisagem, e contribuindo com a proliferação de vetores de doenças e com a degradação urbana de pequenas e grandes cidades (KARPINSK, *et al.*, 2009), conforme Figura 11.

Figura 11 – Resíduos da Construção Civil depositados em local inadequado



Fonte: Portal dos Resíduos Sólidos

Além disso, ainda interfere no direito de ir e vir da população, que muitas vezes é obrigada a transitar nas pistas de rolamento com os automóveis, pois as calçadas estão tomadas por resíduos descartados indevidamente.

Na área econômica, esse impacto é percebido pelo aumento de gastos por parte do Poder Público com a saúde, limpeza e remoção de tais resíduos para locais adequados, bem como com a construção e manutenção de ambientes adequados para recebê-los (BRUM, 2013). Esses recursos poderiam estar sendo destinados para melhorias em outras áreas, como saúde e educação.

BRITO FILHO (1999) aponta, por exemplo, que na cidade de São Paulo a prefeitura municipal recolhe cerca de 4 mil toneladas de RCC ao custo mensal de 4,5 milhões de reais. Este estudo também mostra que o recolhimento dos RCC ainda pode variar entre 5,4 a 14,8 U\$/ton.

E o meio ambiente sofre as consequências devido à contaminação dos solos, rios e lençóis freáticos, caracterizando o RCC como um agente poluente dos grandes centros urbanos (OLIVEIRA; MENDES, 2008).

3 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa é a atividade nuclear da Ciência. Ela possibilita uma aproximação e um entendimento da realidade a investigar. A pesquisa é um processo permanentemente inacabado. Processa-se por meio de aproximações sucessivas da realidade, fornecendo subsídios para uma intervenção no real. A pesquisa científica é o resultado de um inquérito ou exame minucioso, realizado com o objetivo de resolver um problema, recorrendo a procedimentos científicos (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009).

Para o pesquisador manter a coesão e coerência em sua pesquisa é necessário o real entendimento do método implantado com uma visão geral a respeito da metodologia científica como um instrumento norteador da pesquisa (BARBOSA, 2009). Assim sendo, este Capítulo está sucintamente estruturado em três Seções, dentre as quais: Seção 3.1 descreve a abordagem de pesquisa; Seção 3.2 o método de pesquisa a ser utilizado e Seção 3.3 que mostra como será a coleta e análise de dados.

3.1 ABORDAGEM DE PESQUISA

Segundo Miguel *et al* (2012), a metodologia de pesquisa pode ser classificada quanto à abordagem, a natureza, o método da pesquisa (que será abordado no próximo item), o objetivo e os procedimentos técnicos. Com base nesses critérios, o trabalho é caracterizado seguindo cada classificação.

Do ponto de vista da sua natureza, esta pesquisa é classificada como uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos de forma prática e dirigidos à solução de problemas específicos (SILVA; MENEZES, 2005). No caso, a partir deste estudo é possível saber de que forma as práticas da Construção Enxuta contribuem para redução dos RCC, tendo em vista que a sua grande geração provoca sérios impactos nos centros urbanos, os quais afetam negativamente direta e indiretamente a sociedade, a economia e o meio ambiente.

Este estudo possui forma de abordagem qualitativa. Pois, segundo Silva e Menezes (2005), se faz necessária uma interpretação dos fenômenos. No caso deste estudo relacionado à Construção Enxuta e RCC, e atribuição de significados no processo de pesquisa, no qual o ambiente natural, no caso as empresas, serão as fontes direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave para o desenvolvimento deste estudo.

De acordo com Gil (1991) é classificada quanto aos seus objetivos como uma pesquisa exploratória, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema visando torná-lo explícito ou construir hipóteses, haja vista que conforme mencionado foram encontrados poucos estudos com uma clara conexão entre o *Lean Construction* e os Resíduos da Construção Civil. Bem como, uma pesquisa descritiva, pois visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis, no caso o relacionamento das práticas do *Lean Construction* com a redução dos RCC, por meio do uso de técnica padronizada de coleta de dados, a qual é descrita posteriormente.

Do ponto de vista de seus procedimentos técnicos conforme Gil (1991) foi utilizado pesquisa bibliográfica, pois foi desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. E foi caracterizado como um estudo de caso, pois, *“envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento”* (GIL, p.58, 1991).

Segundo Yin (2010) o estudo de caso é o mais recomendando quando uma questão “como” ou “por que” está sendo feita sobre um conjunto de eventos contemporâneos, que no caso deste estudo reside no problema da grande quantidade de RCC que têm sido gerados pelas empresas no meio urbano, e em algo que o investigador tem pouco ou nenhum controle, que são representados pelas empresas em estudo.

Na Tabela 10 consta o resumo da classificação metodológica adotada neste trabalho.

Tabela 10 – Classificações adotadas no trabalho

CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	
CATEGORIAS	CLASSIFICAÇÃO
Natureza	Aplicada
Objetivos	Exploratória e Descritiva
Abordagem	Qualitativa
Procedimentos Técnicos	Bibliográfica e Estudo de Caso

Fonte: Elaborado pelos Autores (2017)

3.2 MÉTODO

A metodologia de proposição das ferramentas da construção enxuta foi elaborada utilizando a ferramenta 5W2H. O Quadro 2 demonstra a correlação entre a ferramenta e as proposições.

Quadro 2 – Ferramenta 5W2H

Questionamento	Tradução	Resposta procurada	Construção enxuta
What?	O que será feito?	Ação, etapas, descrição	Proposição das ferramentas da construção enxuta.
Why?	Por que será feito?	Justificativa, motivo	Melhorar o desempenho da empresa.
Where?	Onde será feito?	Local	Na empresa do estudo de caso.
How?	Como será feito?	Método, processo	Através da análise da empresa estudo de caso, questionários e entrevistas com os integrantes da empresa.
Who?	Por quem será feito?	Responsabilidade pela ação	Pelos autores da pesquisa.
When?	Quando será feito?	Tempo, datas, prazos	De acordo com o cronograma predefinido.
How much?	Quanto custará fazer?	Custo ou gastos envolvidos	Inicial sem gastos para a empresa, pois o trabalho só faz a proposição das ferramentas para posterior aplicação.

Fonte: Autores (2017).

3.2.1 DESENVOLVIMENTO DA TEORIA

O passo inicial no projeto do estudo consistiu no desenvolvimento da teoria, que segundo Yin (2010), anterior à coleta de qualquer dado, é um passo essencial na realização do estudo de caso. Pois, para o autor, a sua elaboração ajuda a cobrir de forma incremental os cinco componentes fundamentais do projeto de estudo de caso. Além de fortalecê-lo e propiciar uma capacidade superior para interpretar os dados eventuais.

Dessa forma, a teoria a ser utilizada para o presente estudo foi desenvolvida com base no estudo de Salgin, Arroyo e Ballard (2016) que demonstrou que os métodos de projeto *Lean* e a redução de RCC não possuem uma relação causal direta. Assim, partindo deste pressuposto, este estudo mostrará de que forma a adoção das práticas do *Lean Construction* impacta na redução dos resíduos da construção civil em uma obra de edifícios verticais do setor da Construção Civil no Município de Belém.

3.2.2 PROPOSIÇÕES

Em seguida foram definidas as proposições, os quais segundo Yin (2010), conduz o pesquisador na direção certa, dirigindo a atenção para algo que deve ser examinado de fato dentro do escopo do estudo, bem como permite refletir um importante aspecto teórico e auxiliar na busca de evidência relevante.

Para o presente estudo, no caso, foram estabelecidas as seguintes proposições com base no estudo de Salgin, Arroyo e Ballard (2016):

- A redução da geração de RCC não é o principal motivo para implementação das práticas do *Lean Construction* nas empresas;
- As práticas do *Lean Construction* impactam na redução de RCC;
- A falta de conhecimento, comprometimento dos colaboradores, treinamento, de pessoas qualificadas, são alguns dos fatores que dificultam a implementação das práticas do *Lean Construction* na empresa e desencadeiam os RCC.

3.2.3 UNIDADE DE ANÁLISE E SELEÇÃO DO CASO

A unidade de análise definida no presente estudo é uma obra localizada na cidade de Belém/PA. De acordo com Yin (2010), a unidade de análise está relacionada com o problema fundamental de definir o que é o “caso” e com a maneira como foram definidas as questões iniciais de pesquisa.

Dessa forma, para responder a questão de pesquisa proposta, foi adotado como critério para seleção do caso a adoção das práticas do *Lean Construction*. Assim sendo, a pesquisa é feita em uma obra que não adota tais práticas na gestão de sua obra com intuito de verificar quais práticas da construção enxuta propostas contribuem na redução dos Resíduos da Construção Civil.

Além disso, para seleção do caso é considerada uma empresa que tem como atividade principal a construção de edificações verticais (públicas, residenciais ou comerciais), desconsiderando-se os empreendimentos do tipo baixa renda, os quais possuem outras peculiaridades.

3.2.4 LÓGICA QUE UNE OS DADOS ÀS PROPOSIÇÕES

Nesta etapa, para análise dos dados desta pesquisa foi definida a estratégia analítica geral descrita por Yin (2010) de seguir as proposições teóricas definidas para servir como um guia para o confronto dos dados coletados e por foco na pesquisa. No caso, as questões dos roteiros de entrevistas e as observações diretas conforme o protocolo de estudo de caso (APÊNDICE – A) procuraram corroborar ou refutar tais proposições.

3.3 COLETA DE DADOS

Nesta fase do trabalho é descrito como os estudos foram preparados, conduzidos e analisados.

3.3.1 REDIGIR RELATÓRIO DO CASO INDIVIDUAL

Após a coleta de dados na obra e consolidação de todas as informações obtidas a partir das entrevistas (APÊNDICE - B e C), observações diretas realizadas na obra e registro fotográfico do canteiro de obra (APÊNDICE – D) para cada caso individual, é redigido um relatório que mostrará se uma determinada proposição foi validada (ou não), e por que determinados resultados foram previstos ou não no estudo de caso, conforme exposto no protocolo do estudo de caso.

3.4 ANÁLISE DE DADOS

O método escolhido nesta pesquisa é o estudo de caso, por ser recomendado para o refinamento de teorias (YIN, 2005; EISENHARDT et al., 2007; RAVENSWOOD, 2011). O estudo de caso é recomendado por Yin (2005) para um fenômeno dentro do seu contexto que não tenha limites claramente estabelecidos.

Os passos a serem seguidos no estudo de caso são definidos no Quadro 3, conforme Eisenhardt (1989, p. 533).

Quadro 3 – Passos a seguir no estudo de caso

PASSOS	ELEMENTO DO PASSO	SEÇÃO
1. Definir a questão da pesquisa	Como o <i>lean</i> ajuda a minimizar a geração de resíduos sólidos?	4
2. Selecionar o caso	Critério da revisão da literatura.	4.1
3. Desenvolver instrumentos de coleta de dados e protocolo de pesquisa	Dados de uso ou não uso das ferramentas <i>lean</i> e dados de geração de resíduos sólidos	4.1.4 e 4.2
4. Pesquisa de campo	Dados coletados com entrevistas e observações <i>in loco</i> .	4.1.1; 4.1.2 e 4.1.3
5. Análisar os dados	Quais são as propostas de melhorias?	4.4
6. Formular proposições	Quais ferramentas podem auxiliar na diminuição da geração de resíduos sólidos de acordo com a necessidade da obra?	
7. Comparar com a literatura	Quais elementos são suportados com as proposições?	
8. Conclusão	Resposta da questão de pesquisa.	5

Fonte: Adaptado de Eisenhardt (1989, p. 533).

4 PRÁTICAS DE *LEAN CONSTRUCTION* E REDUÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil gera grande volume de resíduos durante a execução de seus empreendimentos e a causa desta geração está muitas vezes relacionada à forma de execução das tarefas inerentes ao processo construtivo ou falta de conhecimento de práticas que os ajudem a minimizar essa geração de resíduos. Na maioria dos empreendimentos não existe formalização do processo produtivo e problemas como alterações de projeto, especificação inadequada de materiais, erros de execução e falta de planejamento contribuem para agravar o problema.

Dessa forma, esta Seção tem como objetivo descrever e analisar, por meio de um estudo de caso, a geração de resíduos sólidos na construção civil e propor ações de gestão, à luz das práticas de *Lean Construction*, que possam contribuir com a redução de tais resíduos.

4.1 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O trabalho investigativo valeu-se da análise de uma obra, que atuou como estudo de caso na crítica ao processo de geração de resíduos sólidos em construções civis e o efeito do *Lean Construction* sobre o mesmo.

4.1.1 CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA

A empresa abordada neste estudo de caso foi criada em 1979, com sede na cidade de Belém, no qual lançou suas atividades voltadas ao setor da construção civil no Estado do Pará. Está consolidada na segurança e na qualidade dos serviços oferecidos aos seus clientes. A empresa é destacada pela sua seriedade, competência, ética e profissionalismo.

Por meio de seus diretores e colaboradores acumula vasta experiência na execução e administração de obras públicas e privadas. O foco maior da empresa é na construção de edifícios residenciais, comerciais, hospitais e shoppings com o mais alto padrão de acabamento e sofisticação. Além de deixar a cidade muito mais bonita e moderna, move a economia, gera empregos diretos e indiretos, atrai novas

empresas e serviços para a região, estando em uma evolução constante no setor da construção civil. Tudo isso com responsabilidade social e atitudes sustentáveis.

Uma das comprovações de um serviço feito com tanta dedicação e profissionalismo foi a conquista das certificações NBR ISO 9001: 2000 e PBQP-H Nível A. Em 2009 a empresa foi ainda mais longe ao ser eleita a Construtora do Ano pelo SINDUSCON, o Sindicato da Construção Civil do Estado do Pará.

4.1.2 CARACTERÍSTICA DA OBRA

A obra analisada teve início em abril de 2016 e tem como previsão de conclusão março de 2020, sendo considerada um tipo de edificação pública. Sua estrutura é constituída de dois blocos. No momento ainda está sendo construído o primeiro bloco, no qual possui dois subsolos, seis níveis e mais a cobertura. Os subsolos têm 2049,80 m² de área construída; o térreo tem 1000,16 m² de área construída; do 1º ao 6º nível tem-se 824,46 m² de área construída e a cobertura possui 1220 m² de área construída. O segundo bloco que ainda entrará em construção só possuirá dois níveis, pois servirá de estacionamento, com 2000,32 m² de área construída.

De acordo com o gerente da obra, 56 funcionários fazem parte desta construção civil, entre eles: engenheiro, dois estagiários de engenharia civil, um técnico de segurança do trabalho, um estagiário de segurança do trabalho, um mestre de obra, um carpinteiro e quarenta e nove operários.

A obra funciona de segunda a sexta, de 7:00 da manhã às 17:00 da tarde, sendo que quando necessário há hora extra e todos são recompensados financeiramente pelo trabalho extra.

Segundo o engenheiro, todos os resíduos sólidos gerados nesta construção são recolhidos por uma empresa terceirizada, que faz a destinação e eliminação dos mesmos.

4.1.3 CARACTERÍSTICA DO ENTREVISTADO

De acordo com a entrevista realizada pelos autores, o engenheiro responsável por esta obra trabalha na empresa a mais de dez anos e está responsável por esta obra desde o início da mesma. É responsável por todas as

decisões do departamento de engenharia, além de fiscalização e monitoramento da obra.

4.1.4 ADOÇÃO DE PRÁTICAS DO *LEAN CONSTRUCTION*

Esta obra segundo o engenheiro chefe, não possui em sua originalidade de projeto a adoção das práticas de *Lean Construction*, no entanto, implicitamente eles trabalham de forma organizada e consciente, pois a empresa exige que seus funcionários tenham a conscientização de que os resíduos sólidos precisam ter uma destinação correta, porém com a implantação do *Lean Construction* a geração desses resíduos seria muito menor e seria gasto menos dinheiro com as empresas terceirizadas que fazem essa coleta dos resíduos para a empresa estudada neste trabalho. Essa mentalidade é de suma importância e ainda não se faz presente neste empreendimento.

4.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Cada obra tem suas características diante das suas atividades construtivas, podendo variar a geração de resíduos por conta dessas particularidades. Na obra estudada, a demolição por parte do prédio antigo e pela construção do prédio novo fez com que a geração de resíduos fosse inevitável.

O Quadro 4, retrata os principais resíduos descartados do canteiro de obra, juntamente com as causas que motivaram esse descarte. A origem também é evidenciada para ajudar a reconhecer de onde surgiu o erro inicial. Todas as informações contidas no Quadro 4, foram adquiridas por meio das entrevistas com os funcionários da obra.

Quadro 4 – Relação dos principais resíduos gerados no canteiro de obra

Principais resíduos	Causas	Origem
Madeira	Necessidade de corte excessivo da madeira para adequá-los às dimensões da moldagem da laje	Falta de especificação do comprimento das fôrmas da laje a serem adotados

	Diferentes layouts para montagem de escritórios, refeitório e banheiros temporários	Layouts de ambientes com medidas não padronizadas desses ambientes
	Falta de local adequado para a sua estocagem	Não-definição de projeto de canteiros (Planejamento)
Tijolo	Utilização de procedimentos inadequados de transporte	Falta de atenção por parte da mão de obra na locomoção do material
	Cerâmica de má qualidade	Aquisição pelo menor preço (Aquisição)
Ferro	Falta de local adequado para a sua estocagem	Não-definição de projeto de canteiros (Planejamento) Demolição do prédio antigo
	Equipamento inadequado de corte	Falta de projeto do processo ou não-aquisição dos equipamentos previstos nos procedimentos de produção (Planejamento ou Aquisição)
Concreto	Choques e descuido ao aplicar na parede remanescentes nos andares executados	Falta de procedimentos para quantificar e enviar apenas a quantidade necessária por andar e máquinas modernas de aplicação do material

Pedra	Falta de local adequado para a sua estocagem	Não-definição de projeto de canteiros (Planejamento)
	Equipamento inadequado de transporte	Falta de projeto do processo ou não-aquisição dos equipamentos previstos nos procedimentos de produção (Planejamento ou Aquisição)
Areia	Falta de local adequado para a sua estocagem	Não-definição de projeto de canteiros
	Equipamentos inadequado de transporte	Falta de projeto do processo ou não-aquisição dos equipamentos previstos nos procedimentos de produção (Planejamento ou Aquisição)

Fonte: Autores (2017)

4.3 PRÁTICAS ADOTADAS PARA REDUÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Apesar da obra estudada não aplicar práticas enxutas em seu canteiro de obra, algumas práticas para minimização de resíduos são adotadas. Nos tópicos 4.3.1, 4.3.2 e 4.3.3 pode-se ver algumas dessas técnicas resumidas em tabelas.

4.3.1 ORGANIZAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRA

Em um ambiente desorganizado, uma série de consequências podem ocorrer, principalmente se falando de um canteiro de obra, onde é um ambiente no qual se dispõem todos os recursos de produção como mão-de-obra, materiais e equipamentos. Podendo facilitar para o desperdício de materiais e geração de

resíduos, além de facilitar acidentes com os envolvidos. No entanto, uma das técnicas adotadas pelos gestores é a organização do canteiro. No Quadro 5 podemos ver os benefícios que essa técnica proporciona, segundo o gerente. Todas as informações contidas no Quadro 5, foram adquiridas por meio de estudos e análises das pesquisas realizadas por Ohno.

Quadro 5 – Benefícios gerados por adoção de práticas *Lean*

Organização e Limpeza da obra	Benefícios
	Segurança
	Aumento do espaço disponível
	Controle do descarte
	Melhor visualização da obra e materiais

Fonte: Autores (2017).

4.3.2 DESTINAÇÃO RESPONSÁVEL

Além disso, é necessário definir o local onde os resíduos serão depositados. Essa técnica minimiza o acúmulo de resíduos que ficam espalhados pela obra, onde conseqüentemente, deixa o local de trabalho mais limpo e seguro depois de retirado do meio. No Quadro 6, listam-se os tipos de resíduos e possíveis identificações de algumas soluções de destinação para os resíduos gerados. Todas as informações contidas no Quadro 6, foram adquiridas por meio das entrevistas com os funcionários da obra.

Quadro 6 – Possíveis destinações de resíduos

Material	Destinação
Madeira	Atividades econômicas que possibilitem a reciclagem destes resíduos, a reutilização de peças ou o uso como combustível em fornos ou caldeiras, como fornos para preparo de caranguejo
Tijolos, concretos e componentes cerâmicos	Aterros de resíduos de construção civil

	Utilização em aterros através dos próprios resíduos da construção civil
Solo	Desde que não estejam contaminados, destinar a pequenas áreas de aterramento ou em aterros de resíduos de construção civil

Fonte: Autores (2017).

4.3.3 REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DOS RESÍDUOS

A reutilização e reciclagem dos resíduos gerados em obras produz uma série de benefícios tanto financeiramente para obra quanto para o meio ambiente, como a preservação de recursos naturais com a substituição destes por resíduos, prolongamento da vida útil das reservas naturais e reduzindo o impacto ambiental, redução da necessidade de áreas para aterro devido à diminuição do volume de resíduos a serem depositados e a substituição de ferramentas capazes de serem reutilizadas por inúmeras vezes substituindo materiais que se usa apenas para uma determinada função.

O Quadro 7, menciona alguns materiais ou resíduos com possibilidade de reutilização e reciclagem após o uso. Juntamente com os procedimentos que possibilitam esse processo. Todas as informações contidas no Quadro 7, foram adquiridas por meio das entrevistas com os funcionários da obra e análises da literatura.

Quadro 7 – Procedimentos para reutilização de materiais

Tipos de material ou resíduos	Procedimento
Painéis de madeira provenientes da desforma de lajes, pontaletes, sarrafos etc.	Manter as peças empilhadas, organizadas e disponíveis depois do fim da obra, para se ter o reaproveitamento em futuros canteiros.
Solo	Identificar eventual necessidade do aproveitamento na própria obra para reaterros.

Blocos de concreto e cerâmicos parcialmente danificados	Formar pilhas que podem ser deslocadas para utilização em outras frentes de trabalho.
---	---

Fonte: Autores (2017).

4.4 ANÁLISES

Após a realização da coleta e tratamento dos dados conforme o protocolo do estudo de caso, iniciou-se a análise dos resultados por meio do Quadro 8 onde constam as proposições de diretrizes bases para implantação de ferramentas da construção enxuta na área do canteiro de obra, voltada à minimização do desperdício de resíduos sólidos. Com a aprendizagem obtida na observação inicial e nas entrevistas, foi possível identificar os resíduos principais gerados e as melhorias necessárias para o aumento no sucesso da implementação das práticas de *lean construction*.

Quadro 8 - Quadro dos problemas e propostas de práticas *Lean*

Geração Resíduos	Causas	Proposta de melhoria (Práticas Lean)	Resultados
Geração de madeira em excesso	Necessidade de corte excessivo da madeira para adequá-los às dimensões da moldagem da laje	Manutenção das Serras (Planejamento)	Redução de erros do corte
			Redução de custo da compra do material
Desorganização da área de trabalho	Falta de comprometimento dos funcionários	Implantação do programa 5S (5S)	Melhor visualização do processo
			Redução de acidentes de trabalho
Quebra do tijolo	Procedimentos e manuseio	Padronizações de processos	Redução da variabilidade

	inadequados	com base nos padrões definidos pela empresa (Mapeamento do fluxo de valor)	Aumento da segurança sobre o material
Acúmulo de areia nas áreas de trabalho	Falta de local adequado para a sua estocagem	Planejamento e controle da produção (lotes menores) (<i>Last Planner</i>)	Redução do tempo de ciclo
			Facilitação do controle de produção
	Equipamentos inadequados de transporte		Uso do espaço físico disponível.
			Empresa trabalha com uma estimativa mais precisa da demanda
Concreto	Técnicas de aplicação do material não adequadas	Simplificação de componentes do processo (<i>Kanban</i>)	Redução do número de etapas para a execução
			Redução de movimentos e deslocamentos desnecessários
			Equipes polivalentes
			Disponibilização de recursos em locais adequados

Fonte: Autores (2017).

Também foi pensado um roteiro no qual a obra poderá seguir, e não apenas esta obra, como todas as obras desta empresa de construção civil, onde irá ajudar a manter o *Lean Construction* alinhado e em perfeito funcionamento com os padrões da construção civil. Este roteiro está detalhado tal como:

- Realizar um planejamento base para todo o período da obra:
 - Tornar visíveis as atividades desenvolvidas;
 - Buscar conhecer a sequência das atividades;
 - Realizar o planejamento da obra e o acompanhamento das atividades;
 - Utilizar cronogramas.
- Buscar o envolvimento das partes interessadas (*stakeholders*) da obra:
 - Definir as lideranças (*stakeholders*) da obra;
 - Buscar meios para envolver as partes interessadas em reuniões e *workshops*.
- Definir *layout* da obra com base nas atividades a serem desenvolvidas:
 - Definir locais destinados ao depósito de materiais, ferramentas e equipamentos, descarte de materiais, estações de trabalho para a realização de tarefas específicas, entre outros;
 - Realizar o leiaute em conjunto com mestre-de-obras e engenheiro;
 - Sinalizar e demarcar os locais definidos no leiaute da obra;
 - Manter os envolvidos informados sobre a obra;
 - Manter os envolvidos informados sobre a empresa e suas decisões gerenciais;
 - Uso de sinalizações verticais e horizontais, entre outros.
- Aumentar a transparência do processo:
 - Padronizar o armazenamento: materiais, ferramentas, equipamentos e descarte de materiais;
 - Tornar visíveis prazos, metas, atividades e decisões gerenciais;
 - Estabelecer canais de comunicação em obras (sinalização, reuniões para manter os envolvidos informados etc.).
- Identificar as atividades realizadas diariamente na obra:

- Buscar aproximar a relação entre as atividades planejadas e executadas;
- Definir atividades a serem realizadas em nível operacional (sugere-se o uso do *Last Planner*);
- Definir intervalo de verificação adequado à obra estudada.
- Manter controle sobre a realização das atividades:
 - Efetuar um maior controle da execução das atividades na obra;
 - Identificar problemas existentes e os possíveis desvios no planejamento;
 - Traçar medidas para a correção de problemas presentes durante a execução.
- Manter o controle sobre a organização e a limpeza da obra:
 - Manter o controle sobre a organização e a limpeza da obra;
 - Buscar a limpeza constante das estações de trabalho e a organização geral da obra;
 - Implantar o programa 5S.
- Fazer uma verificação do desenvolvimento da obra ao término das atividades:
 - Identificar os pontos de sucesso e os problemas encontrados ao término da obra; com base nestas informações traçar melhorias para futuras obras;
 - Criar uma base de dados individual da empresa, possibilitando a criação de indicadores internos.

Por fim, fez-se uma proposição complementar de utilização de práticas lean à luz de dois principais problemas relacionados pelos autores conforme entrevistas na empresa objeto de estudo. Tais proposições estão sumarizadas no Quadro 9.

Quadro 9 – Proposta de adoção preventivas associadas as práticas *lean* conforme os principais problemas identificados.

PROBLEMA	PROPOSTA DE PRÁTICA LEAN	RAZÕES/JUSTIFICATIVA
Materiais de má qualidade (quebra do tijolo)	Integração de toda a rede de suprimento e redução da variabilidade	<p>Uma das gerações de resíduo é o resto de tijolo que é causado pela quebra do mesmo, em decorrência da baixa qualidade do material. Segundo o gerente, a compra do tal material é feita em diversos fornecedores, baseada na política de preço. Essa variabilidade de compra gera uma série de insegurança para a obra por não haver um controle e integração com o fornecedor.</p> <p>Segundo Koskela (1992), um produto uniforme, em geral, traz mais satisfação aos clientes, pois a qualidade do produto efetivamente corresponde às especificações previamente estabelecidas e, conforme os autores Moraes e Sahb (2004), a integração de toda a rede de suprimento, desde a matéria-prima até o cliente final traz uma troca de informações significativa sobre a satisfação de ambos integrantes da cadeia.</p>
	Treinamento de funcionários	Sobre a prática <i>lean</i> de treinamento, a empresa incentivar que seus funcionários estudem. Trazendo benefícios ao modo que os encarregados saibam evitar acidentes através da aprendizagem de como manusear e transportar diferentes tipos de materiais. Assim, evitando desperdícios gerados pela quebra ou desgaste do material causado por diversos processos da obra
Desorganização da área de trabalho (materiais e equipamentos espalhados em diversos locais na obra)	Gerenciamento visual, <i>andon</i> e transparência	<p>Uma das práticas para minimização desses erros está no gerenciamento visual, <i>andon</i> e transparência. Conforme a obra de Werkema (2010), onde diz que tal prática tende a tornar os erros mais fáceis de serem identificados no sistema de produção, ao mesmo tempo em que aumenta a disponibilidade de informações necessárias para a execução das tarefas, facilitando o trabalho. Este princípio pode também ser utilizado como um mecanismo para aumentar o envolvimento da mão de obra no desenvolvimento de melhorias. Aumento da conscientização para a eliminação de desperdícios, melhoria da capacidade de estabelecer e apresentar prioridades de trabalho, visualização imediata dos procedimentos operacionais padrões utilizados.</p>
	Aplicação da ferramenta 5S	<p>Outra ferramenta proposta é a ferramenta 5S, onde benefícios poderão ser observados, como a otimização de espaços, a redução dos tempos improdutivos, o aumento da vida útil de materiais e a redução do risco de acidentes. Onde, segundo Santos <i>et al.</i> (2006), usa-se 5: Seiri (senso de utilização); Seiton (senso de organização); Seiso (senso de limpeza); Seiketsu (senso de higiene e padronização) e Shitsuke (autodisciplina).</p> <p>Na obra encontraram-se materiais espalhados, como paletes de madeira, equipamentos para quebra de paredes, sacos de cimento, dentre outros, gerando acúmulo de materiais desnecessários e impedindo a circulação de pessoas. Com a aplicação do 5S, esses espaços possuirão vários benefícios, como: facilidade de trânsito, aumento do espaço no local de trabalho, facilidade de limpeza, entre outros benefícios.</p>

Geração do resíduo argamassa	Simplificação de etapas	<p>Foi visualizada na obra resíduos de argamassa (conhecido como reboco) nas partes externas da obra por conta da queda do material dos andares em que eram aplicados. Essa queda era decorrente de técnicas não adequadas de aplicação do material, aplicando quantidades acima do necessário e que conseqüentemente o excesso era depositado ao chão.</p> <p>Existem várias formas de atingir a simplificação, como por exemplo, a utilização de elementos pré-fabricados, reduzindo o número de etapas para a execução de um elemento da edificação. Formas e técnicas que contribuiriam para redução de resíduos, são as Drywall, empregadas em painéis simples ou duplos e com espessuras variadas onde formam paredes e divisórias que podem substituir a alvenaria.</p> <p>As fachadas de vidro é outro meio de pré-fabricação, seja para edifícios corporativos, onde sempre traz uma boa visualização e estética atrativa. Além do efeito visual, o vidro também pode proporcionar uma boa luminosidade no ambiente sem deixar a desejar na segurança, isolamento térmico e acústico, também é outro meio de simplificar etapas por vir partes prontas e usada apenas para aplicar na área pretendida, eliminando as etapas onde utilizam a misturas de matérias que culminam na geração de resíduo</p>
Geração de madeira em excesso	Práticas de reciclagem e reutilização	<p>O material com maior volume exposto na obra é a madeira, esse material moldam as formas para laje, onde após o uso, não podia ser reutilizada. Fazendo que no fim das obras gerassem um grande acúmulo desse resíduo.</p> <p>Uma das formas de se destinar todo esse resíduo acumulado de forma responsável na obra é através de reutilização, reciclagem e, onde conseqüentemente a redução do material é prevista. Mas para isso, um plano de ação precisa ser estabelecido para ser capaz de orientar essa ação. Onde (OLIVEIRA, 1996) diz que aplicar à realidade das equipes de aprimoramento no planejamento e condução de suas atividades, identificando as ações e as responsabilidades de forma organizada para sua execução.</p>
	5W2H	<p>A prática 5W2H ajudará a orientar a implantação dessa prática esclarecendo o que será feito, o por quê, onde, como, os responsáveis e quando será executada.</p>
Acúmulo de areia nas áreas de trabalho	Gestão de materiais	<p>A areia espelhada pelo canteiro, resultante da má local de armazenamento adequado e o tempo estendido em que passa em um determinado local, tornou-se perceptível o resíduo perdido. variabilidade na duração da execução de uma determinada atividade, ao longo de vários ciclos.</p> <p>No que diz respeito à prática <i>lean</i> de gestão dos fluxos de informação, materiais e mão de obra para a delimitação das responsabilidades, a equipe de planejamento, além de determinar a seqüência das tarefas e a alocação da mão de obra, também auxilia no controle de suprimentos. Para que um serviço comece na data estipulada no cronograma, a obra deverá fazer o pedido “x” dias antes. A equipe de planejamento comunica à obra em que momento cada pedido deverá ser feito, levando em consideração as informações que o setor de suprimentos repassa para a equipe de planejamento em termos de tempo. Esse tempo de resuprimento reduzido fará com que o material fique menos tempo exposto a ações de clima e choque perante o percurso de outros materiais, fazendo com que sua perda seja minimizada.</p>

Fonte: Autores (2017).

5 CONCLUSÃO

O problema da pesquisa abordou a questão: Como as práticas da Construção Enxuta podem contribuir para a redução dos Resíduos da Construção Civil?

A partir do problema delineou-se o objetivo principal da pesquisa, de propor a adoção de práticas do *Lean Construction* na gestão de canteiros de obra visando à redução de resíduos da construção, à luz de uma obra localizada no município de Belém do Pará. Para alcançar este objetivo, foram desenvolvidos os objetivos específicos, que atuaram como uma base estruturadora do estudo de caso realizado, juntamente com a fundamentação encontrada na revisão de literatura.

As ações iniciais traçadas para definição e implantação das ferramentas propostas surgiram com base nos estudos encontrados na bibliografia e no desenvolvimento do terceiro objetivo específico. O diagnóstico do cenário atual da construtora levou os pesquisadores ao conhecimento do ambiente estudado, auxiliando na identificação das limitações organizacionais e funcionais existentes. Os métodos utilizados para a realização do diagnóstico demonstraram-se satisfatórios. Com o uso da entrevista estruturada proposta por Yin (2010) foi possível submeter à construtora a uma avaliação completa do ponto de vista da construção enxuta, permitindo visualizar os principais pontos a serem trabalhados em direção à inserção da construtora em um ambiente *Lean*. As entrevistas informais e a observação direta do ambiente, realizadas pelos pesquisadores levaram à validação das conclusões obtidas na entrevista estruturada.

O uso do *Last Planner* e das demais ferramentas de planejamento e controle levará a um melhor controle da obra e permitirá ao engenheiro um maior conhecimento do desenvolvimento de sua obra. O sucesso na implantação desta ferramenta fará com que a empresa considere seu uso em outros modelos de obras realizadas pela construtora, não apenas em obras do tipo de edificação pública.

A partir da proposição das ferramentas *Lean*, o quarto objetivo específico pôde ser realizado. As ferramentas propostas no estudo servirão de base para melhorias no canteiro de obras, assim como, na redução da geração de resíduos sólidos desta construção civil.

Como conclusão pode-se dizer que a pesquisa atingiu seus objetivos geral e específicos, gerando um conjunto de diretrizes voltadas à implantação de

ferramentas da construção enxuta dentro da área proposta e respondendo à questão encontrada no problema da pesquisa.

5.1 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Para o desenvolvimento deste estudo de caso foram elencadas as seguintes limitações da pesquisa:

- A restrição ao acesso às documentações e arquivos da empresa, que poderiam complementar ainda mais as observações feitas pelos pesquisadores;
- A dificuldade de entrevistar os responsáveis por gerenciar a obra em estudo, dadas as suas inúmeras tarefas e a dificuldade em manter o entrevistado durante algum tempo para responder as questões do roteiro;
- A forte influência por parte do entrevistado e a possibilidade de este colocar seu ponto de vista sobre determinados eventos relevantes ao processo de pesquisa, em razão de ser a principal fonte de informação neste estudo.

Futuras pesquisas poderiam estar focadas em implantar nesta obra e em outras possíveis obras desta construtora, as ferramentas propostas neste estudo. Posteriormente, uma *survey* permitiria a confirmação do uso correto das ferramentas e se a implantação obteve o resultado positivo esperado pela proposição de aplicação destas ferramentas.

REFERÊNCIAS

(ABS) Australia Bureau for Statistics, 2013. The Waste Wise Construction Programme. Available at: <http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/Previousproducts/1301.0Feature%20Article252003?opendocument&tabname=Summary&prodno=1301.0&issue=2003&num=&view=> >. Access on: 23 de Feb. 2017

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama Nacional dos Resíduos Sólidos 2010**. São Paulo, 2010. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_envio.cfm?ano=2010>. Acesso em: mar. 2017.

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**: relatório final. São Paulo: EPUSP/PCC, 1998. v. 1-5. (Pesquisa Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras).

AGOPYAN, V.F.; JOHN, V.M. **Reciclagem de Resíduos da Construção**. Artigo. Escola Politécnica da USP, Departamento de Construção Civil, São Paulo, 2000.

AGYEKUM K., AYARKWA J. and ADJEI-KUMI T. (2013), Minimizing Materials Wastage in Construction-A Lean Construction Approach, **Journal of Engineering and Applied Science**, Vol:5, Number:1.

ALVES, T. C. L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras**: proposta baseada em estudo de caso. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

ALVES, T. C. L.; TOMMELEIN, I. D. **Cadeias de suprimentos na construção civil: análise e simulação computacional**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 31-44. 2007.

ALVES, T. C. L.; NETO, J. P. B.; HEINECK, L. F. M.; AZEVEDO, A. K. S. **Sistemas de Remuneração e Incentivos da Mão-de-obra na Construção Civil e a Implementação de Novas Filosofias de Produção: Um Estudo Exploratório**. Encontro de Gestão de Pessoas e Relações de Trabalho, 1º, Natal. Rio Grande do Norte. 2007.

AMARAL, T. G.; PRADO, R. L.; KURTZ, C. E.; RODRIGUES, M. B. **O Treinamento do Operário da construção Civil como Valorização do seu Trabalho Produtivo**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 20º, São Paulo, 2000.

AMARAL, T. G. **Metodologia de qualificação para trabalhadores da construção civil com base nos conhecimentos gerenciais da construção enxuta**. Tese apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2004.

ANTUNES, A. C. **Logística no canteiro de obras, utilizando os princípios da construção enxuta**. Comunidade da Construção, 10º, São Paulo. 2014.

ARAÚJO, P. R. C. **Propostas Logísticas para o Suprimento de Estruturas Metálicas Utilizando Ferramentas Lean**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15.112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – áreas de transbordo e triagem – diretrizes para projetos, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004a.

_____. **NBR 15.113:** Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – aterro – diretrizes para projetos, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004b.

_____. **NBR 15.114:** Resíduos sólidos da construção civil – áreas de reciclagem – diretrizes para projetos, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004c.

_____. **NBR 15.115:** Resíduos sólidos da construção civil – execução de camadas de pavimentação – procedimentos. Rio de Janeiro, 2004d.

_____. **NBR 15.116:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – utilização em pavimentação e concretos sem função estrutural – requisitos. Rio de Janeiro, 2004e.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 307**, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre gestão dos Resíduos da Construção Civil. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>> . Acesso em: 15 mar. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 348** – Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2004. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>> . Acesso em: 15 mar. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 431** – Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, estabelecendo nova classificação para o gesso. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>>. Acesso em: 12 mar. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 448** – Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10, 11 da Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2012a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672>> . Acesso em: 13 mar. 2017.

_____. **Lei nº 12.305** - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2008. Brasília: SNSA/MCidades, 2010.

AZEVEDO, G. O. D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia ambiental e sanitária**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 65-72, jan./mar. 2006.

BALLARD, G. (1994). The last planner. **Proceedings...** In: Spring Conference Northern California Construction Institute Publication. Monterey: Lean Construction Institute. Disponível em: <http://www.leanconstruction.dk/media/18187/The_Last_Planner_.pdf> Acesso: 27 Feb. 2017.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding production from uncertainty:** first step in an improvement strategy. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROFESIONALES DE PROJECT MANAGEMENT, 1996, Santiago. Anais... Santiago: 1996.

_____. Shielding Production: Essential Step in Production Control. Technical report no 97-1. Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering. University of California, 1997.

_____. Shielding Production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE v.124, n.1, p.11-17, Nova York, 1998.

BALLARD, G. H. **The Last Planner system of production control**. Thesis, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, UK, 2000.

BARBOSA, C.L. **Fluxo contínuo**: ferramenta do sistema de produção enxuta aplicado ao processo de produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundações. 2009. 126p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém.

BARBOSA, C. L.; LIMA, A. C. **Desenvolvimento do Perfil do Trabalhador da construção civil da cidade de Belém**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27°, Foz do Iguaçu, 2007.

BARBOSA, G.; ANDRADE, F.; BIOTTO, C.; MOTA, B. **IMPLEMENTAÇÃO DE CONSTRUÇÃO ENXUTA EM UM ANO EM UM PROJETO DE CONSTRUÇÃO**. Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 8°, Salvador. Bahia. 2013.

BARROS, E. S. **Aplicação da construção enxuta no setor de edificações**: um estudo multicaso. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

BAUMHARDT, E. O. **Sistemática para a operacionalização de conceitos e técnicas da construção enxuta**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BELLO, F. R. R. **Cinco motivos para a sua empresa implantar o lean em 2015**. Jan. 2015. Disponível em: <http://isoflex.com.br>. Acesso em: 10 maio 2017.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle de produção para micro e pequenas empresas de construção**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

BRITO FILHO, J.A. Cidade Versus Entulho. In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., São Paulo, 1999. **Anais...** São Paulo, Comitê Técnico CT206 Meio Ambiente (IBRACON), 1999. p. 56-67.

BRUM, F. M. **Implantação de um programa de Gestão de Resíduos da Construção Civil em canteiro de obra pública: o caso da UFJF**. 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

CARNEIRO, Alex Pires; CASSA, José Clodoaldo Silva; BRUM, Irineu Antônio Schadach. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção – Projeto Entulho Bom**. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

CARVALHO, B. S. **Proposta de um modelo de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta**. 2008. Dissertação de mestrado em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Construção Civil: 2008.

CASTRO, C. D. M.; BEZERRA, D. K.; GAMBI, L. N.; EUGENIO, S. H. **Impactos da aplicação dos conceitos e ferramentas da produção enxuta na busca por uma produção mais limpa: um estudo de caso numa indústria de bens de capital**. EMEPRO. Coronel Filiciano. Minas Gerais. 2010.

CELIS, O. L. M.; GARCIA, J. M. S. **Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma**. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Bucaramanga, Santander, Colombia, 2012.

CHASE, Richard B.; JACOBS, F. Robert; AQUILANO, Nicholas J. **Administração da produção e operações**. 11ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

CONDÉ, G. C. P.; MARTENS, M. L.; ASSUMPÇÃO, M. R. P. **Projetos Lean Manufacturing para geração de portfólio: Uma revisão da literatura**. Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, 5º, São Paulo. 2016.

CÓRDOBA, R. E. **Estudo do sistema de gerenciamento integrado de resíduos de construção civil e demolição no município de São Carlos**. 2010. 372 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2010.

COSTA, R. V. G. **Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa**. 67f.: il. Dissertação Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, PB, 2012. Disponível em: <<http://www.ct.ufpb.br/pos/ppgecam/images/arquivos/dissertacoes/2010/26-2010.pdf>> Acesso em: 05 mar. 2017.

CRUZ, C. C. R. **Análise da implementação dos elementos e ferramentas da produção enxuta em canteiros de obras na cidade de Belém do Pará**. Dissertação de Mestrado. Curso de Engenharia Civil. Belém. 2011.

CUKIERMAN, Zigmundo Salomão. **O modelo PERT/CPM aplicado a projetos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Riechmann & Affonso Ed., 2000.

DEFRA, 2015. Department for Environment, Food & Rural Affairs, UK government. Available at: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/487916/UK_Statistics_on_Waste_statistical_notice_15_12_2015_update_f2.pdf>. Access on: 05 Mar. 2017.

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

FERNANDEZ, J. A. B. Diagnostico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil, **Relatório de Pesquisa-IPEA**. Brasília, 2012.42p.

FONTANINI, P. S. P. **Análise do impacto potencial da aplicação dos princípios da mentalidade enxuta nos indicadores de desempenho da cadeia de suprimentos da construção civil a partir de simulação**. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. 2009.

FORMOSO, C. T. *et al.* Perdas na Construção Civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. **Téchne**. São Paulo, n.23, p.30-33, jul - ago 1996.

FORMOSO, C. T.; JOBIM, M. S. S.; COSTA, A. L.; ROSA, F. P. Perdas de materiais na construção civil: um estudo em canteiros de obras no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Soluções para o terceiro milênio., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: POLI-USP. v. 1, p. 299-307

FORMOSO, C. T.; POWEL, J. A.; SANTOS, A. An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites. **Journal of Construction Research**, Volume 03, Issue. 01, World Scientific Publishing Company: 2001.

FORMOSO, C. T. Lean Construction: princípios básicos e exemplos. In: Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras. Porto Alegre, v. 15, p. 50- 58, 2016.

FORNO, A. J. D.; BARQUET, A. P. B.; BUSON, M. A.; FERREIRA, M. G. G. **Gestão de desenvolvimento de produtos: integrando a abordagem Lean no projeto conceitual**. GEPROS. Gestão da Produção, Operação e Sistemas. Bauru. Ano 3. Nº 4. P 45-58. São Paulo. 2008.

FREITAS, M. I., **Os Resíduos da construção civil no município de Araraquara**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Centro Universitário de Araraquara, Araraquara, 86 p, 2009.

GIHAN L.G., AHMED R. A, and ADEL, E.G (2010), “**Material Waste in Egyptian Construction Industry**” PhD Thesis at the Faculty of Engineering, University of Cairo, Egypt.

GHINATO, P. (2000) – Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: **Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações**. Ed. Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife.

GONZALEZ, E. F. **Análise da implantação da programação de obra e do 5S em um empreendimento habitacional**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

HONG KONG POLYTECHNIC (Department of Building and Real Estate); THE HONG KONG CONSTRUCTION ASSOCIATION LTD. Reduction of Construction Waste. Final Report. Hong Kong, Mar. 1993. 93 p.

HOWELL, G. What is Lean Construction. **Proceedings...**In: 7th Conference of International Group of Lean Construction. Brekerley, CA, 1997.

JUNQUEIRA, L. E. L. **Aplicação da Lean Construction para redução dos custos de produção da Casa 1.0**. 2006. 146f. dissertação (Especialização), Departamento de Engenharia de Produção – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

KAI, D. A.; LIMA, E. P.; COSTA, S. E. G. **Modelo conceitual para a introdução das práticas de sustentabilidade nas operações da indústria gráfica**. GEPROS. Gestão da Produção, Operação e Sistemas. Bauru. Ano 9. Nº 4. P. 1-18. São Paulo. 2014.

KARPINSK, Luisete Andreis *et al.* **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental [recurso eletrônico]** – Dados eletrônicos. Porto Alegre: Edipucrs, 2009.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. Center for Integrated Facility Engennering. Stanford University, Finland, 1992.

KOSKELA, L. **An exploration towards a Production theory and its application to construction**. Espoo 2000. Technical Research Centre of Finaland, VTT Publications 408, 296p.

KUNKEL, N. **Resíduos da construção civil aliados a produção mais limpa (P + L)**. 104p. Tese (mestrado) – Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

KUREK, J. **Introdução dos princípios da Filosofia de Construção Enxuta no Processo de Produção em uma Construtora em Passo Fundo - RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – UPF, Passo Fundo, 2005.

LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho de construção civil para utilização como agregado de argamassas e concretos**. 1997. 145p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 1997.

LEXICO LEAN. **Glossário Ilustrado para praticantes do pensamento lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

LI, Qi-Ming; SHEN, Li-Yin; YUAN, Fang. Emergy analysis of the recycling options for construction and demolition waste. **Waste Management**, v. 31, n. 12, p. 2503- 2511, 2011.

LIMA, Francisco Sales Neves de Souza. **Aproveitamento de resíduos de construção na fabricação de argamassas**. 2005. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

LIMA, E. P.; GARBUJO, P. A. R.; COSTA, S. E. G. (2009). **Proposta de Modelo Teórico-Conceitual utilizando o Lean Seis Sigma na Gestão da Produção**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 29°, Salvador.

LOREZON, I. A. (2006). **Discussão sobre a medição de desempenho na lean construction**. Simpósio de Engenharia de Produção SIMPEP, 13º, Bauru.

LORENZON, I. A. **A Medição de Desempenho na Construção Enxuta**: estudos de caso. 2008. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). UFSC, São Carlos. 2008.

MANO, A.; REZENDE, J. S.; DOMINGUES, S. M. P. S. **IDENTIFICAÇÃO DAS PRÁTICAS DA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION EM CONSTRUTORAS DE MÉDIO PORTE NA CIDADE DE ITABUNA (BA)**. ENGEVISTA, V. 14, n. 3. p. 281-292. São Paulo. 2012.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. Trad. Cláudia Freire, Lucas Marcelo Ferretti Yassumura, Monica Rosali Rosemberg. Rev. Diógenes de Souza Bido. 2ª ed. rev. aum. E atual. São Paulo: Saraiva, 2006.

MAUÉS, Luiz M. F.; NEGRÃO, Adriane A. M; PEIXOTO, Anmerson da C. ; PAIXÃO, Luana. **Nível de utilização das ferramentas da filosofia lean construction em empresas construtoras**. In XII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENTAC . Fortaleza, CE, Brasil, out de 2008.

MENDES JR., R.; HEINECK, L. F. M. (1998), Preplanning method for multi-story building construction using line of balance. **Proceedings...** In: 6th Annual Conf. of International Group for Lean Construction. Guarujá. Brasil.

MENDES, T. A. *et al.* **Parâmetros de uma pista experimental executada com entulho reciclado**. Reunião Anual de Pavimentação. Rio de Janeiro, 2004. p. 1-12.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. São Paulo, 2012.

MORAES, J. A. R. de; SAHB, L. M. **Manufatura Enxuta**. 2004. Artigo disponível em www.ietec.com.br. Acesso em 16/05/2017.

MORAIS, G.M.D. **Diagnóstico da deposição clandestina de resíduos de construção e demolição em bairros periféricos de Uberlândia: Subsídios para uma gestão sustentável**. Uberlândia-MG, 2006.

MORETTI, C. E. **Crise – o momento ideal para a implantação do Lean**. Jun. 2015. Disponível em: <http://vanzolini.org.br>. Acesso em: 10 maio 2017.

MOSER, L.; SANTOS, A. Exploring the role of visual controls on mobile cell manufacturing: a case study on drywall technology. **Proceedings...** In: 11th Annual Conference International Group for Lean Construction, Blacksburg, 2003.

MOTA, B. P.; ALVES, T. C. L. **Implementação do Pensamento Enxuto através do projeto do sistema de produção : estudo de caso na Construção Civil**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 28º, Rio de Janeiro, 2008.

NADIESCA, CASARIN. **DISSEMINAÇÃO DE PRÁTICAS LEAN EM ARMAZÉNS DE MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZANDO KAIZEN**. Dissertação de Mestrado. Curso de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2012.

NISHIDA, L. T. **Redução do impacto ambiental através das práticas lean**. Artigo disponível em www.lean.org.br. Acesso em 19 de março de 2017.

OHNO, Taiichi. **Toyota production system: beyond large-scale production**. Productivity press, 1997.

OLIVEIRA, L. **Especial – Lean seis sigma. Uma grande estratégia em tempos de crise**. Disponível em: <http://agente.epse.com.br>. Acesso em: 10 maio 2017.

OLIVEIRA, S. T. **Ferramentas para o aprimoramento da qualidade**. 2. Ed. São Paulo: Pioneira, 1996.

OLIVEIRA, K. A. Z, de; ALVES, T. C. L.; FORMOSO, C. T. **O princípio da transparência aplicado ao processo de planejamento e controle da produção na construção civil**. 8º Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, Anais, Salvador, 2000.

OLIVEIRA, E. G.; MENDES, O. **Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição: Estudo de caso da Resolução 307 do CONAMA**. Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2008. Disponível em: <<http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/>>. Acesso em 05 mar. 2017

OLIVEIRA, C. S. **Aplicação de técnicas de simulação em projetos de manufatura enxuta**. Estudos Tecnológicos, São Leopoldo, v. 4, n.3, p. 204-217, set./dez. 2008.

OLIVEIRA, M.M.; PIMENTEL, U. H. O.; ZANTA, V.M.; ATHAYDE JÚNIOR, G.B. Determinação da taxa de Geração de RCC: estudo de caso das obras do campus I da UFPB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 26, 2011. Porto Alegre - RS, 2011.

OLIVEIRA, É. R. M. (2013). **Metodologia de implantação da construção enxuta: estudo de caso em construtora de porte médio**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

PAPPU, A., SAXENA, M., ASOLEKAR, S.R., 2007. Solid wastes generation in India and their recycling potential in building materials. Build. Environ. 42 (6),2311–2320.

PERRY, F., and KIRSTY, M. (2007), “Assessing brick waste on domestic construction sites for future avoidance” Available at: <> Access on: 25 25 Mar. 2017.

PICCHI, F.A. **System view of lean construction application opportunities**. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 9., 2001, Singapore. Proceedings... Singapore, 2001.

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do *Lean Thinking* na construção. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre: v. 3, n. 1, p. 7-23, 2003.

PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. **APLICAÇÃO DO LEAN THINKING AO FLUXO DE OBRA**. Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 1º, São Paulo. 2004.

PINHEIRO, P. C. Artigo Kanban. MICROVOLT: Quality in Temperature: consultoria de assistência técnica e manutenção de instrumentos. Disponível em: < www.microvolt.com.br/noticias.php?cod=79> Acesso em 22 de Fevereiro de 2017.

PINTO, T.P., **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 189 p, 1999.

PINTO, T. P. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon – SP**. São Paulo, 2005.

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Brasília: Caixa, 2005. 196 p. (Manual de orientação, 1). Como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios.

PINTO, J. P. **Lean Thinking – Introdução ao Pensamento Magro**. Comunidade Lean Thinking, 2008.

PINTO, J. P.; COSTA, S.; TOMÉ, E. **Cruzada Lean Thinking – Resultados da Evangelização na Comunidade Empresarial**. Mega Evento Lean Thinking. Universidade Lusíada de VN Famalicão, 2008 VII 21.

REIS, C. C. C.; NAUMANN, E. A.; SCARAVONATTI, R. M.; NAUMANN, P. S.; WEISE, A. D. **Construção enxuta, análise e levantamento de sugestões em um canteiro de obra de ampliação residencial**. Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 5º, Ponta Grossa, Paraná, 2015.

RIBEIRO, J. L. D.; SCHERER, J. O. **Proposição de um Modelo para Análise dos Fatores de Risco em Projetos de Implantação da Metodologia Lean**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas. São Carlos, v. 20, n. 3, p. 537-553. São Paulo. 2013.

RODRIGUES, C. M. O. **A contribuição da gestão do conhecimento nas boas práticas de gestão lean thinking**. Dissertação de Mestrado. Curso de Engenharia e Gestão Industrial. Universidade Aveiro. Portugal. 2007

ROMANEL, F. B.; FREITAS, M. C. D. **Jogo “Desafiando a Produção”: ensinando a construção enxuta na construção civil**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas. São Carlos, ano 6. N° 3. P 11-21. São Paulo. 2011.

ROSA, Davi Cabral. **Aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma empresa do setor metal-mecânico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ROSENBLUM, A.; AZEVEDO, V. S.; JUNIOR, C. A. B.; TAVARES, M. E. N. **Avaliação da Mentalidade Enxuta (Lean Thinking) na construção civil – Uma visão estratégica de implantação**. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 7º, São Paulo, 2008.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see; value stream mapping to create value and eliminate muda**. Brookline, Massachussetts, USA: The Lean Enterprise Institute, 2003.

SANCHES, A.M.; PEREZ, M.P. Lean indicators and manufacturing strategies. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 21, n. 11, p. 1433-1451, 2001.

SANTOS, A. **Método de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais: um estudo de caso**. 1995. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de PósGraduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

SANTOS, A. **Application of flow principles in the production management**. Thesis, School of Construction and Property Management, University of Salford, Salford, UK, 1999.

SANTOS, N.C.R.; *et al.* Implantação do 5S para Qualidade nas Empresas de Pequeno Porte na Região Central do Rio Grande do Sul. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 13, 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: SIMPEP, 2006

SALEM, O.; SOLOMON, J.; GENAIDY, A.; LUEGRING, M. Site Implementation and Assessment of construção enxutaTechniques. **Lean Construction Journal**, Volume 02, Issue 02, 2005.

SALLES, M. P.; SHINJI, G.; BARROS, A. L.; SILVA, G. G. M. P.; PFAFFENZELLER, M. S. **LEAN THINKING NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DA FILOSOFIA LEAN EM DIFERENTES FLUXOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, Brasil, v. 7, n. 14, p. 86-107, 2015.

SANTOS, C. A. B.; FILHO, J. R. F. **CONSTRUÇÃO CIVIL:UM SISTEMA DE GESTÃO BASEADA NA LOGÍSTICA E NA PRODUÇÃO ENXUTA**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 18º, Niterói. Rio de Janeiro. 1998.

SILVA FILHO, F. A. da. **Além da manutenção programada do trem em larga escala: uma adaptação do método “enxuto” de gestão para manutenção programada do trem unidade elétrica (TUE). O caso Metrotec**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pernambuco para a obtenção do título de mestre em administração, PROPAD– CMA – UFPE. Recife. 1998.

SILVA, T. F. A. **Estudo sobre Sistema de Medição de Desempenho Baseado nas Ferramentas da Produção Enxuta**. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2007.

SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**, UFSC, 4. ed. Ver. Atual. Florianópolis 2007.

SILVEIRA, D. T; CÓRDOVA, F. P. **Método de Pesquisa**. 2009. Livro disponível em www.ufrgs.br. Acesso em: 25 maio 2017.

SLACK, N. *et al.* **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1999

Shingo, S. (1996). **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Artmed, 2 Ed.

SKOYLES, E. R. Materials wastage: a misuse of resources. *Building Research and Practice*, CP 67/76, Oct. 1976.

SKOYLES, E. R. Site accounting for waste of materials. Garston: Building Research Establishment, 1978. (CP 5/78).

SKOYLES, E. R.; SKOYLES, J. **Waste prevention on site**. London: Mitchell, 1987.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e controle**. 1993. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

SOLOMON, J. A. **Application of the principle of Lean Production to construction**. Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, College of Engineering, B.S.C.E, University of Cincinnati, Cincinnati, 2004.

SOUZA, U. E. L. *et al.* Perdas de Materiais nos Canteiros de obra: A Quebra do Mito. **Revista Qualidade**, 2004.

SOUZA, A. L. **AVALIAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO LEAN CONSTRUCTION EM UM CANTEIRO DE OBRAS**. Monografia de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia de Produção. Universidade Estadual de Maringá. 2013.

SWANA, THE SOLID WASTE ASSOCIATION OF NORTH AMÉRICA. **Construction waste & demolition debris recycling**. Maryland: SWANA, 1993.

Tam, V. W. Y, Shen, L. Y, and Tam, C. M. (2007). Assessing the levels of material wastage affected by sub-contracting, relationships and projects types with their correlations, **Building and Environment**, 42, pp. 1471-1477.

TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G. Look ahead planning: screening and pulling. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2, 1997, São Paulo. **Anais...** Instituto de Engenharia de São Paulo/Logical Systems, 1997.

TOMMELEIN, I. D. **The value chain: Adding value to the supply chain**. Mechanical Contracting Education and Research Foundation (MCERF), Rockville, MD, USA, 2004. 28p.

VALENTE, C. P. **ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO LEAN EM UM CANTEIRO DE OBRAS: UMA PROPOSTA DE AUDITORIAS LEAN**. Monografia de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará. 2011.

VALVERDE, D. S. G.; CINTRA, M. A. H. **O 5S e sua implantação na pequena empresa construtora de edificações**. 2º Encontro Mineiro de Engenharia de Produção, Viçosa, 2006.

VIEIRA, Hélio Flávio. **Logística aplicada à construção civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras**. São Paulo: Pini, 2006.

WALTER, O. M. F. C.; ZVIRTES, L. **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressores de ar.** XXVIII ENEGEP 2008. Rio de Janeiro.

WIGINESCK, B. B. **APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA EM OBRAS PEQUENAS E DE CURTO PRAZO: UM ESTUDO DE CASO.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná, 2009.

WOMACK, J. P.; Jones, D. T. ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** 4 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

ZORDAN, S.E. **Entulho da indústria da construção civil** - Fichas Técnicas. São Paulo, maio 2000. Disponível em: <<http://www.reciclagem.pcc.usp/artigos1.htm>> . Acesso em: 24 maio. 2017.

ZULZAHA, F.F., 2014. New plan to manage solid waste systematically. Star. del Rio Merino, M., Izquierdo Gracia, P., Weis Azevedo, I.S., 2010. Sustainable construction: construction and demolition waste reconsidered. Waste Manage. Res. 28 (2), 118–129, <http://dx.doi.org/10.1177/0734242x09103841>.

APÊNDICE A - PROTOCOLO DO ESTUDO DE CASO

1 Visão geral do estudo de caso

Este projeto de estudo de caso visa analisar e propor as ferramentas de *Lean Construction* e a sua importância sobre a redução da geração de RCC, em uma empresa do setor da Construção Civil localizada no Município de Belém.

A importância deste trabalho decorre do fato de que foram encontrados apenas dois estudos na literatura Agyekum, Ayarkwa e Adjei-kumi (2013) (2013) e Salgin, Arroyo e Ballard (2016) com uma clara conexão entre as práticas *Lean* e os Resíduos da Construção Civil. Assim, há necessidade de se realizar mais estudos e ampliar as discussões a cerca da relação entre essas duas áreas.

Para isso, uma empresa que não adota às práticas do *Lean Construction* será analisada em relação a esses fatores e, posteriormente, é proposto práticas da *Lean Construction* que auxiliam na redução dos RCC, as suas vantagens e desvantagens, as motivações das empresas para utilização dessas práticas, os principais entraves para sua implementação, os resultados obtidos ou que poderão ser obtidos por meio de sua adoção sobre os RCC, entre outros aspectos.

Dessa forma, este protocolo descreve os procedimentos necessários para a condução do estudo de caso, com o propósito de aumentar a confiabilidade da pesquisa. Vale ressaltar que todas as informações coletadas serão mantidas em sigilo, e não serão divulgados os nomes das pessoas, assim como, a razão social da empresa entrevistada. Após a finalização da dissertação será fornecida uma cópia da mesma para a empresa participante da pesquisa.

2 Procedimentos de Campo

O procedimento de campo deste estudo inclui: o plano de coleta de dados e a preparação para realização das visitas, e deverão ocorrer em três etapas.

Plano de Coleta de dados

Na etapa 1, serão agendados entrevistas com os executivos da empresa a fim de obter informações sobre a empresa em estudo, tais como: tempo de atuação, segmento, histórico/evolução da empresa, número de funcionários, metros quadrados construídos por ano, número de empreendimentos lançados, número de empreendimentos em construção e as certificações e premiações obtidas, conforme

APÊNDICE – B.

Para a realização da etapa 2, serão agendadas entrevistas com os profissionais responsáveis por gerenciar todos os aspectos relacionados à obra, assim como, àqueles responsáveis pela execução das obras a fim de complementar determinadas informações. Essas entrevistas serão agendadas pessoalmente mediante visita a sede da construtora, onde uma data será proposta, de acordo com a disponibilidade da empresa.

Essa coleta de dados será realizada por meio de entrevistas com base em um roteiro semiestruturado elaborado pelo autor, com perguntas abertas baseadas na revisão da literatura e em todos os aspectos relacionados ao objetivo deste estudo, com o intuito de verificar, em suma, como as práticas da Construção Enxuta contribuem na redução dos RCC.

E na etapa 3, a coleta será realizada por meio de observações diretas no canteiro de obra e registro fotográfico se possível com objetivo de descrever a atual situação do canteiro, para isso será solicitada a autorização para o acesso e permanência do pesquisador nas dependências das empresas no tempo necessário para a realização da coleta. Bem como, consulta a informações disponíveis em documentos internos das empresas em estudos relacionados ao tema deste trabalho ou em registros de arquivos se houver, para ampliar o entendimento a cerca das empresas em estudo.

Importante destacar, que antes da realização das entrevistas serão anotadas as informações básicas a cerca do entrevistado, tais como: departamento, cargo, função, tempo na função e na empresa. Será solicitada a gravação da entrevista para posterior consulta. Durante as entrevistas, serão anotadas as informações mais relevantes inerentes ao trabalho, buscando sempre estimular os entrevistados a contribuírem livremente com o estudo, e a sua duração poderá ser ajustada conforme a necessidade do entrevistado.

2.2 Preparação para a realização das entrevistas

Para a realização das entrevistas será enviado previamente um e-mail aos entrevistados com a descrição geral do estudo com o intuito de situá-los sobre o objetivo deste estudo, e será levado na pesquisa de campo: o roteiro de entrevista e cópias deste roteiro para os entrevistados, quadros impressos para a coleta de dados, gravador, bloco de notas, prancheta, caneta, pen drive e máquina fotográfica

se permitido. Importante ressaltar, que o pesquisador estará com vestimenta adequada (bota, calça e camisa/blusa fechadas) para o acesso às instalações.

3 Questões de estudo de caso

Essas questões são os lembretes relacionados com a informação que necessita ser coletada e por quê. Por isso, na etapa 1 dos procedimentos de campo serão abordados tópicos relacionados às características do entrevistado e da empresa em estudo com o intuito de conhecê-las, tais como:

3.1 Características do Entrevistado

- Nome do entrevistado
- Departamento
- Cargo
- Função
- Tempo na função
- Tempo na empresa

3.2 Características da empresa

- Nome da empresa
- Tempo de atuação
- Número de funcionários (em obra e no setor administrativo – incluindo os próprios e terceirizados)
- Porte da empresa
- Segmento de atuação (ex. edificações públicas, residenciais, comerciais, projetos de engenharia e arquitetura, incorporação e venda de imóveis, etc.)
- Público alvo (classe alta, classe média ou classe baixa)
- Principais clientes (outras construtoras, incorporadoras de edifícios, órgão público, consumidor final, pessoa jurídica do setor privado, etc.)
- Metros quadrados construídos por ano
- Números de empreendimentos lançados
- Tipos dos empreendimentos (alto padrão, padrão normal ou padrão popular)
- Certificações e premiações (ex. ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, etc.)

Na etapa 2, serão abordados tópicos com o profissional responsável por gerenciar a obra para determinar como as práticas da Construção Enxuta contribuem para redução dos RCC e o meio ambiente, tais como:

- Caracterização da obra em estudo
- Práticas *Lean* adotadas
- Práticas e procedimentos utilizados relacionados à gestão de RCC nos canteiros
- Plano de gestão de RCC, caracterização e triagem do RCC
- Formas de acondicionamento e/ou armazenamento temporário de RCC
- Transporte e a destinação final do RCC
- Principais causas de perdas e desperdícios
- Materiais que geram maior índice de resíduos na obra
- Práticas que são adotadas para minimização das perdas e desperdícios.

E na etapa 3, busca-se realizar as seguintes atividades:

- Observação “*in loco*” para verificar como é a infraestrutura do canteiro, organização, movimentação de materiais e deslocamentos internos, ferramentas ou máquinas utilizadas, segurança do trabalho, as comunicações internas, as práticas *Lean* que poderiam ser implementadas para redução dos RCC e os locais propícios para a ocorrência de perdas e desperdícios no canteiro de obra.
- Coleta de dados a partir de possíveis documentos que possam ser fornecidos pelas empresas relacionados ao tema em estudo para análise complementar.

4 Guia para o relatório do estudo de caso

Os resultados obtidos a partir da coleta de dados serão apresentados em formato de tabelas, e discutidos em formato de texto buscando considerar as possíveis explicações e possibilidades rivais encontradas na literatura relacionadas ao tema em estudo, e deverá ter a seguinte estrutura:

- Dados gerais da empresa em estudo
- Relatório individual - análise do caso e consideração das proposições teóricas definidas (abordará os tópicos coletados na etapa 2 e 3)
- Propostas de melhoria

APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTAS – ETAPA 1

1) DADOS DO ENTREVISTADO

- Qual o seu nome?
- Qual o seu departamento?
- Qual o seu cargo?
- Qual a sua função?
- Qual o seu tempo na função?
- Qual o seu tempo na empresa?

2) DADOS DA EMPRESA

- Qual o nome da empresa?
- Qual o seu tempo de atuação?
- Qual é o número de funcionários existentes (em obra e no setor administrativo – incluindo os próprios e terceirizados)?
- Qual o seu segmento de atuação (ex. edificações públicas, residenciais, comerciais, projetos de engenharia e arquitetura, incorporação e venda de imóveis, etc)
- Quem é o público alvo (classe alta, classe média ou classe baixa)?
- Quem são os seus principais clientes (outras construtoras, incorporadoras de edifícios, órgão público, consumidor final, pessoa jurídica do setor privado, etc.)?
- Qual a quantidade de metros quadrados construídos por ano?
- Qual o número de empreendimentos lançados?
- Quais os tipos dos empreendimentos (alto padrão, padrão normal ou padrão popular)?
- A empresa possui alguma certificação ou premiação (ex. ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, etc.)?

APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTAS (EMPRESA QUE NÃO DISPÕE DAS PRÁTICAS DO *LEAN CONSTRUCTION*) – ETAPA 2

3) DADOS DA OBRA

- Qual o cargo do respondente?
- Qual a localização do empreendimento (endereço)?
- Qual o tipo de empreendimento?
- Quantas torres e pavimentos se houver? E qual a área construída em m²?
- Qual a data de início da obra e a previsão de término?

4) PRÁTICAS E PROCEDIMENTOS ADOTADOS NO CANTEIRO DE OBRA

- A empresa tem interesse em adotar as práticas da Construção Enxuta na gestão de seu canteiro de obra? Se possui, qual seria o motivo?
- Quais os ganhos esperados com a sua implementação?
- Quais as maiores dificuldades que a empresa enfrenta atualmente?
- Quais os materiais que geram o maior índice de resíduos na obra?
- Quais as principais causas das perdas e desperdícios na obra?
- Quais práticas estão sendo adotadas para a sua minimização e gestão de RCC?
- Podes mencionar alguns exemplos de redução do volume de RCC?
- Você acha que as práticas da Construção Enxuta poderiam reduzir os RCC?

APÊNDICE D – FOTOS DA OBRA DO ESTUDO DE CASO







