

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

**ANA PAULA VANSAN
ELOISE APARECIDA LANGARO**

**FERRAMENTAS LEAN APLICADAS ÀS EMPRESAS DE
CONSTRUÇÃO CIVIL CLASSIFICADAS NO MODELO LCR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2013

ANA PAULA VANSAN
ELOISE APARECIDA LANGARO

**FERRAMENTAS *LEAN* APLICADAS ÀS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO
CIVIL CLASSIFICADAS NO MODELO LCR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus
Pato Branco.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Heloiza Aparecida
Piassa Benetti

PATO BRANCO
2013



TERMO DE APROVAÇÃO

FERRAMENTAS LEAN APLICADAS ÀS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL CLASSIFICADAS NO MODELO LCR

ANA PAULA VANSAN
e
ELOISE APARECIDA LANGARO

Aos 13 dias do mês de março do ano de 2013, às 10:00 horas, na sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco – UTFPR-PB, conforme Ata de Defesa Pública nº 02-TCC/2013.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. HELOIZA APARECIDA PIASSA BENETTI (COECI/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca : Prof. Dr. JOSÉ ILO PEREIRA FILHO (COECI/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca : Prof. Msc. JAIRO TROMBETA (COECI/UTFPR-PB)

EPÍGRAFE

A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.

(EINSTEIN, Albert)

RESUMO

VANSAN, Ana P.; LANGARO, E. A. **Ferramentas *Lean* aplicadas às empresas de construção civil classificadas no modelo LCR**. 103f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

A indústria da construção civil tem crescido nas últimas décadas, saindo de um período de estagnação para um momento de aquecimento no mercado. Em função disso, a importância da qualidade e rapidez dos processos tem se mostrado uma preocupação presente no setor, pois interfere na competitividade e lucratividade da empresa; resultando em um aumento de construtoras aderindo a programas de gestão de qualidade. Assim, o *Lean Construction* (Construção Enxuta) surge como uma alternativa para melhorar os processos produtivos dentro do canteiro de obra, trazendo benefícios através da diminuição de desperdícios e proporcionando maior qualidade, destacando assim a empresa perante suas concorrentes. Este trabalho foi realizado aplicando, em um primeiro momento, o modelo *Rapid Lean Construction* (LCR) em cinco diferentes empresas do município de Pato Branco – PR, obtendo sua classificação e identificando quais ferramentas *Lean* aplicáveis a construção civil é adequada a cada uma respectivamente. Em seguida, foi escolhida dentre as empresas, uma para a implantação de duas das ferramentas em um mesmo canteiro de obra. Através da ferramenta arranjo físico foram elaborados *layouts* para orientar o fluxo de materiais e pessoas dentro do canteiro de obra e determinar as etapas de execução. Já, utilizando-se a ferramenta controle visual do processo, foram desenvolvidos *check-lists* de materiais e serviços, sendo esses aplicados para a conferência de estoque e de conformidades dentro dos processos construtivos utilizados.

Palavras-chave: *Lean Construction*. Modelo LCR. Ferramentas *Lean*. Arranjo Físico. Controle Visual do Processo.

ABSTRACT

VANSAN, Ana P.; LANGARO, E. A. **Lean Tools applied to construction companies classified in the model LCR.** 103f. Monograph (Civil Engineering) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

The construction industry has grown in recent decades, emerging from a period of stagnation for a moment in the heating market. As a result, the importance of quality and speed of processes has proven to be a concern in this department, because it interferes in competitiveness and profitability, resulting in increased construction adhering to quality management programs. So the Lean Construction emerges as an alternative to improve the processes within the construction site, bringing benefits by reducing waste and providing higher quality, thus underscoring the company before its competitors. This work was performed by applying, at first, the model Rapid Lean Construction (LCR) in five different companies of Pato Branco - PR, getting your ranking and identifying what tools to apply Lean Construction is suitable for each respectively. Then was chosen among the companies, one for the implementation of two tools at the same construction site. Through the physical arrangement tool, layouts were developed to guide the flow of people and materials into the construction site and determine the steps of execution. Already, using the tool visual process control, were developed checklists of materials and services, and applied these to the conference inventory and compliance within the construction processes used.

Keywords: Lean Construction. LCR Model. Lean Tools. Physical Arrangement. Visual Process Control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo Estruturado do TPS	19
Figura 2 – Desenvolvimento do Modelo LCR	34
Figura 3 - Fluxograma do Delineamento da Pesquisa	38
Figura 4 - Gráfico radar com a classificação da empresa 1	42
Figura 5 - Gráfico radar com a classificação da empresa 2	43
Figura 6 - Gráfico radar com a classificação da empresa 3	44
Figura 7 - Gráfico radar com a classificação da empresa 4	46
Figura 8 - Gráfico radar com a classificação da empresa 8	47
Figura 9 – Gráfico radar com a classificação e comparação das empresas	48
Figura 10 – Gráfico geral da avaliação das empresas	48
Figura 11 – Defeitos do piso existente	54
Figura 12 - Situação do piso existente e medição das dimensões do barracão	54
Figura 13 – Estado inicial do piso do barracão existente	55
Figura 14 – Preparação da base e taqueamento da área a ser executada	57
Figura 15 – Montagem das armaduras (1ª etapa)	58
Figura 16 – Local onde se encontravam dispostos alguns materiais	58
Figura 17 – Local de armazenamento do material	59
Figura 18 – Piso da 1ª etapa concluído	60
Figura 19 – Montagem das formas e montagem da armadura	63
Figura 20 – Montagem da armadura da 2ª etapa do piso	63
Figura 21 – Início da concretagem	65
Figura 22 – Primeira etapa de concretagem	66
Figura 23 – Segunda etapa de concretagem	66
Figura 24 – Terceira etapa de concretagem	67
Figura 25 – Quarta etapa de concretagem	67
Figura 26 – <i>Slump</i> 3º caminhão	68
Figura 27 – <i>Slump</i> 4º caminhão	69
Figura 28 – Polimento do piso 2ª etapa	70
Figura 29 – Finalização do polimento do piso 2ª etapa	71

Figura 30 – Piso da 2ª etapa concluído.....	72
Figura 31 – Montagem das formas 3ª etapa	74
Figura 32 – Conferência do nivelamento e alinhamento das formas.....	75
Figura 33 – Montagem da armadura 3ª etapa.....	76
Figura 34 – Colocação das barras de transferência.....	76
Figura 35 – Início da concretagem 3ª etapa.....	78
Figura 36 – Concretagem 3ªetapa	78
Figura 37 – <i>Layout</i> geral de execução – etapas.....	90
Figura 38 – <i>Layout</i> 1ª etapa de execução.....	92
Figura 39 – <i>Layout</i> 2ª etapa de execução	94
Figura 40 – <i>Layout</i> 3ª etapa de execução.....	96
Figura 41 – Planta de corte das juntas serradas	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontos de avaliação do modelo LCR a partir de cada categoria.....	34
Tabela 2 - Classificação quanto ao grau de aplicação dos conceitos da Construção Enxuta	36
Tabela 3 - <i>Check-list</i> materiais 2ª etapa.....	62
Tabela 4 - <i>Check-list</i> de serviços 2ª etapa (item 1 ao 6)	64
Tabela 5 - Controle da concretagem 2ª etapa.....	69
Tabela 6 - <i>Check-list</i> de serviços 2ª etapa (item 7 ao 12)	71
Tabela 7 - <i>Check-list</i> de materiais 3ª etapa (primeira conferência)	73
Tabela 8 - <i>Check-list</i> de materiais 3ª etapa.....	74
Tabela 9 - <i>Check-list</i> de serviços (item 1 ao 6)	77
Tabela 10 - Controle da concretagem 3ª etapa.....	79
Tabela 11 - <i>Check-list</i> de serviços 3ª etapa (item 7 ao 12)	79
Tabela 12 - <i>Check-list</i> de materiais	98
Tabela 13 - <i>Check-list</i> de Serviços.....	100

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANAPRE	Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho
fck	Resistência característica do concreto em MPa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LCR	<i>Rapid Lean Construction-Quality Rating Model</i>
MFV	Mapa de Fluxo de Valor
PALC	Plano de Aplicação da Construção Enxuta
PBQP-h	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PDCA	<i>Plan – Do – Check – Act</i>
TPS	Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA	15
2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	17
2.1.1 Histórico	17
2.1.2 Princípios e Conceitos.....	17
2.2 A MENTALIDADE ENXUTA	20
2.3 A CONSTRUÇÃO ENXUTA	22
2.3.1 O Panorama da Construção Civil.....	22
2.3.2 Os Princípios da Construção Enxuta.....	24
2.3.3 Aplicação da Construção Enxuta	27
2.3.4 Ferramentas adaptadas da Produção Enxuta à Construção Enxuta	28
2.4 O MODELO LCR	33
3. MÉTODO DE TRABALHO.....	37
3.1 ESTRATÉGIA DA PESQUISA.....	37
3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	38
3.2.1 Aplicação do modelo LCR.....	39
3.2.2 Determinação das Ferramentas <i>Lean</i> aplicáveis	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1 ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DAS EMPRESAS	41
4.1.1 Empresa 1	41

4.1.2	Empresa 2.....	43
4.1.3	Empresa 3.....	44
4.1.4	Empresa 4.....	45
4.1.5	Empresa 5.....	46
4.1.6	Avaliação geral.....	47
4.2	A EMPRESA.....	49
4.2.1	Processo produtivo - Pisos industriais.....	50
4.2.2	Método utilizado pela Empresa.....	51
4.3	ESTUDO DE CASO.....	53
4.3.1	Primeira etapa ou etapa de observação.....	56
4.3.2	Segunda etapa.....	61
4.3.3	Terceira etapa.....	73
4.3.4	Demais etapas.....	80
5.	CONCLUSÃO.....	81
	REFERÊNCIAS.....	84

1. INTRODUÇÃO

A ideia inicial do *Lean Thinking* ou Mentalidade Enxuta surgiu no início dos anos 90, tendo como base o Sistema Toyota de Produção, tornando-se um novo modelo de controle de produtividade aplicável a diversos setores da indústria em geral (KUREK, 2005).

O princípio da Mentalidade Enxuta apresenta-se extremamente amplo, sendo várias suas possibilidades de aplicação ao setor da construção civil, o qual mostra-se complexo e diversificado, de forma a relacionar os princípios e as ferramentas em etapas diversas (PICCHI, 2003).

O *Lean Construction* (Construção Enxuta) surge no espaço da construção como uma ferramenta que representa fazer mais com menos, ou seja; menos tempo, menos esforço humano, menos material; e vinculado a tudo isso, proporcionar aos clientes o que eles buscam e da melhor forma possível para ambos (DENNIS, 2008).

É necessário que sejam melhorados os processos para que se possa obter bons resultados, para tanto, observa-se que na construção civil existe um excessivo desperdício de materiais e tempo, o que gera uma significativa perda de lucro. Tais desperdícios são gerados por: falta de controle, falta de planejamento, e até, falta de organização. Isso nos mostra que simples estratégias ajudam a diminuir em quase zero, este desperdício.

Neste contexto, ressalta-se a importância do planejamento e controle, o que nos direciona ao conceito da Construção Enxuta, onde este assume um planejamento de processos; que consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria-prima até o produto final, sendo constituído por atividades de transporte, espera, processamento e inspeção (FORMOSO, 2012).

A partir desta ideia, surge o problema da pesquisa que orientará este trabalho: quais as ferramentas *Lean* que são aplicáveis às empresas construtoras, classificadas no *Rapid Lean Construction-Quality Rating Model* (LCR)? Dessa forma, conforme Gil (1996), a pesquisa caracteriza-se como exploratória, onde será realizado um estudo de caso, sendo que em um primeiro momento, classificam-se algumas empresas de Pato Branco – PR, conforme o modelo LCR, e, a partir disto, identificam-se as ferramentas que mais

se adequariam a cada uma delas.

Em um segundo momento, foi escolhida uma das empresas e duas ferramentas que serão implantadas na mesma. A aplicação e implantação dessas ferramentas devem melhorar os processos construtivos da empresa selecionada, atingindo eficácia esperada.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar ferramentas *Lean* adequadas às empresas construtoras classificadas no modelo LCR e implantar em uma das empresas classificadas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar o modelo LCR;
- Classificar as empresas segundo o modelo LCR;
- Identificar as ferramentas *Lean* aplicáveis à construção civil;
- Identificar as ferramentas *Lean* que melhoram os processos nas empresas classificadas no modelo LCR;
- Acompanhar a implantação das ferramentas em obra;
- Identificar os benefícios da implantação das ferramentas na empresa.

1.2 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, o mercado da construção civil tem vivido grandes mudanças, transitando de um longo período de estagnação, sem muitos investimentos, para uma fase de aquecimento do setor, com inúmeras obras em andamento e grandes investimentos imobiliários (MELLO E AMORIM, 2009).

A importância da aplicação das ferramentas *Lean* na construção civil, dá-se devido a falta de estratégias que otimizem os processos, os prazos e desperdícios gerados. A realidade vista na maioria das obras está muito distante do que seria considerado como um processo ideal, onde o planejamento e controle atuam como indicadores principais da qualidade final, em ambos os sentidos.

A Construção Enxuta mostra-se como uma filosofia gerencial que se desenvolve a partir do controle sobre os problemas dos processos construtivos, e começa a agir nas causas destes problemas, mostrando assim, que se podem melhorar processos quando se conhece onde estão os possíveis erros, sendo que esses processos são observados desde sua etapa inicial (FILHO, 2009). Segundo Koskela (1992), a Construção Enxuta traz como mudança conceitual mais importante para a construção civil, a introdução de uma nova forma de se entender os processos produtivos.

Devido à falta de mão de obra profissionalizada, a construção civil precisa adotar alternativas que zelem pela melhor qualidade do produto final gerado, visando também o lucro, menores prazos e desperdícios; o que nos traz novamente a essa filosofia de construção.

O pensamento *Lean* vem sendo utilizado por diversas empresas como um diferencial competitivo, o qual tem mostrado um crescimento positivo nos resultados buscados. Dessa forma, observa-se que esse pensamento é um novo conceito de qualidade, que vem sendo utilizado e que se tornará uma tendência de mercado. A partir dele diversas melhorias estão sendo e serão conquistadas em vários setores da indústria, principalmente no setor da construção civil.

Pensando em melhores resultados, as ferramentas *Lean* surgem como uma solução para algumas questões ligadas a qualidade e ao controle no canteiro de obra; de

fácil implementação, elas precisam de disposição e disciplina dos colaboradores para que funcionem da forma correta.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

2.1.1 Histórico

Na década de 50, com o término da segunda guerra mundial, a Toyota (fundada pela família Toyoda em 1937) precisava melhorar sua atuação dentro do setor automobilístico objetivando produzir em grande escala de carros e caminhões (WOMACK, JONES E ROOS, 1992; OLIVEIRA, 2007).

Para tal, Eiji Toyoda viajou até os Estados Unidos da América para visitar as instalações da Ford e avaliar as técnicas utilizadas em seu sistema de produção em massa. Porém, voltando ao Japão concluiu que precisaria adaptar o sistema desenvolvido por Henry Ford, afinal a economia local estava arruinada, impedindo investimentos em alta tecnologia e com altas taxas alfandegárias, medida implantada pelo governo buscando proteger o mercado interno japonês (OLIVEIRA, 2007).

Também foi sugerido pelo governo que cada indústria devia deter-se a um único ramo. No entanto a Toyota decidiu ter uma linha completa de carros, ônibus e caminhões, transformando-se em uma indústria completa. Assim, modificou os meios de produção automobilística da época, desenvolvendo novas regras e conceitos chamados de Sistema Toyota de Produção (TPS) (LYRA DA SILVA, 2005).

2.1.2 Princípios e Conceitos

O principal engenheiro de produção da Toyota, Taiichi Ohno, começou a estudar o sistema de produção em massa, buscando adaptar as ferramentas e implementá-las na fábrica. Inicialmente, decidiu criar equipes de trabalhadores, tendo cada uma um líder ao

invés de supervisor, ficando cada um em um determinado conjunto de etapas de montagem e uma parte da linha, recebendo as orientações de que trabalhassem unidos, desenvolvendo da melhor maneira possível suas atividades. As equipes tinham também de zelar pela limpeza, reparos necessários à ferramentas e realizar controle de qualidade, enquanto os líderes deviam coordenar as equipes, executar processos de montagem e substituir trabalhadores que ocasionalmente faltassem (WOMACK, JONES E ROOS, 1992).

Com as equipes se mostrando eficientes, foram estipulados horários para que as mesmas pudessem apresentar sugestões para melhoria dos processos. Passou a existir assim um processo de aperfeiçoamento contínuo e gradual (chamado *kaizen*) com a cooperação dos engenheiros industriais, que ainda existiam, mas em menor número (WOMACK, JONES E ROOS, 1992).

Outra das mudanças desenvolvidas pelo TPS foi em relação à quantidade de estoques. No sistema de produção em massa era fabricado um volume muito grande de peças por dia, que gerava grandes estoques, algo que não funcionaria no mercado japonês, que não tinha condições de adquirir essa quantidade de apenas um tipo de produto. Para que fossem produzidos diferentes tipos de peças, era necessário que fossem trocadas as ferramentas utilizadas na fabricação, e com o objetivo de não gerar grandes estoques do mesmo produto alguns estudos foram desenvolvidos para diminuir o tempo desta troca de algumas horas para algo em torno de dez minutos. Dessa forma, o menor tempo de troca de ferramentas (chamado de *set-up*), demonstrou que produzindo pequenos lotes se obtia mais lucro, sendo eliminados os grandes estoques e defeitos detectados mais rapidamente, reduzindo desperdícios com peças não conformes (LYRA DA SILVA, 2005).

Nos métodos de produção em massa, não era permitido que se parasse a linha de produção caso erros fossem detectados durante o processo, sendo estes detectados apenas ao final, depois do produto acabado, gerando muito trabalho para a correção. Para evitar o “retrabalho”, Ohno resolveu instalar cordas acima de cada estação de trabalho, de forma a os trabalhadores assim que notassem qualquer defeito que não pudessem resolver, parassem toda a linha de montagem para que todos da equipe ajudassem nos reparos. Com o passar do tempo após esta ideia inovadora ter sido posta

em prática as equipes desenvolveram experiência em detectar os problemas e resolvê-los com maior rapidez, diminuindo significativamente a quantidade de erros (WOMACK, JONES E ROOS, 1992).

Para que fossem desenvolvidas e implantadas todas as ferramentas e ideias dentro da Toyota foram necessários mais de 20 anos de trabalho desenvolvido por Toyoda e Ohno. Sendo que o resultado final foi de grande êxito, principalmente em relação à produtividade, qualidade dos produtos e rapidez em atender a demanda de mercado (WOMACK, JONES E ROOS, 1992).

Gonçalves (2009) relata que o engenheiro Taiichi Ohno, desenvolveu o TPS fundamentado na eliminação total do desperdício, sustentando-se em dois pilares: *Just in Time* e *Jidoka*. Para a representação esquematizada do sistema foi criada “A casa do TPS”, apresentada na Figura 1.

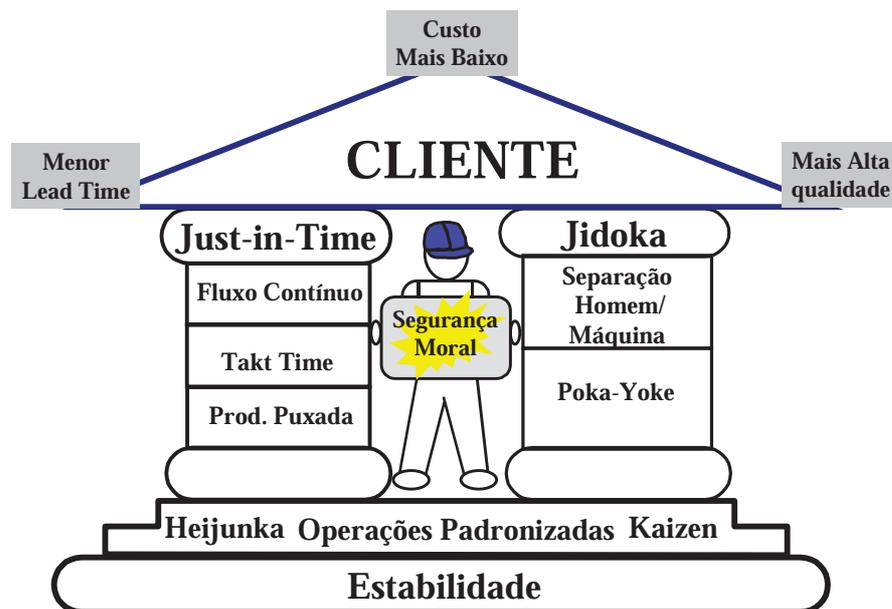


Figura 1 - Modelo Estruturado do TPS
Fonte: Ghinato (2000).

O termo *Just in Time* refere-se a um sistema produtivo em que a produção e movimentação de materiais acontecem conforme a necessidade. Ou seja, no momento

exato que o cliente precisa de um produto específico, este é produzido apenas na quantidade solicitada. Já a terminologia *Jidoka* significa autonomação, que consiste na transferência de inteligência humana para maquinário automatizado, para que este consiga detectar defeitos ou erros durante a produção, parando imediatamente o processo para que sejam corrigidos os defeitos, não os propagando por toda a produção (PINTO, 2008).

A base que sustenta todo o TPS é a estabilidade, afinal para que os produtos sejam fabricados na quantidade e instante certos, conforme o pilar *Just in Time*, e livres de defeitos, como preconiza o pilar *Jidoka*, é preciso que haja o controle dos processos e sua capacitação, chegando a serem estáveis (GHINATO, 2000).

Para que o TPS seja implementado, é indispensável que haja estabilidade dos processos, pois a idealização e implantação de melhorias na produção carecem de total controle e previsibilidade, para também identificar-se toda a cadeia de valor, os problemas e soluções a serem adotadas (GHINATO, 2000).

Com o sucesso do TPS no Japão, este passou a ser difundido, podendo ser aplicado a qualquer empresa, independente de sua localização, tendo sua eficiência atrelada a quantidade de ferramentas utilizadas e em quais setores da corporação (GONÇALVES, 2009).

2.2 A MENTALIDADE ENXUTA

O termo Mentalidade Enxuta foi utilizado para nomear a filosofia de gestão do Sistema Toyota de Produção, visando meios de melhorar a performance das organizações e eliminar desperdícios na produção (GONÇALVES, 2009).

A nomenclatura Mentalidade Enxuta teve origem através de James Womack e Daniel Jones (1998) em sua obra intitulada com este nome. A partir de então, tem sido utilizada mundialmente para referir-se ao sistema de gestão que objetiva a geração de valor por meio da eliminação de desperdícios (NUNES, 2010).

Womack e Jones (1998, apud Lyra da Silva, 2005) desenvolveram cinco princípios

para o pensamento enxuto, com o objetivo de eliminar as perdas nas organizações, sendo estes descritos abaixo:

- Especificação do valor: O valor deve ser especificado pelo cliente final do produto, de forma que o mesmo deve ser atendido de maneira eficaz, no momento apropriado e com preço adequado. Para tal, não basta possuir uma produção eficiente, métodos sofisticados e funcionários capacitados. É indispensável atender as expectativas do cliente, pois de nada serve o produto ser perfeito se não for atraente.
- Identificação da cadeia de valor: A cadeia de valor é definida como todos os processos pelos quais um produto passa, iniciando em sua concepção, indo ao fluxo de produção da matéria-prima e chegando ao produto acabado, incluindo as especificações de projeto e os prazos instituídos, terminado com a entrega do produto ao cliente final. Em cada etapa destas haverá atividades que agregam e que não agregam valor ao produto final, levando todos os envolvidos no processo de produção a eliminar etapas desnecessárias, ajustando-as ao desígnio comum.
- Fluxo: O fluxo de valor deve estar presente em toda a cadeia produtiva. Deve haver um fluxo contínuo de uma etapa para a outra da produção, gerando valores, desprendendo-se do conceito de que uma atividade só se inicia se houver um grande volume de produtos a serem produzidos, que torna o fluxo descontínuo.
- Produção puxada: A produção deve atender a demanda do mercado, ou seja, ser puxada pelo cliente. Assim, será produzido apenas o que será solicitado, podendo ser atendidas as especificações pedidas pelos clientes (ALVES, 2000 apud LYRA DA SILVA, 2005).
- Perfeição: Obtendo-se sucesso com os princípios anteriores, é almejada a satisfação do cliente, adequando da melhor forma o produto a suas necessidades. Autores relatam que o maior impulso a obtenção da perfeição é a transparência, que permite a todos ver todas as etapas, podendo os envolvidos cooperarem com ideias que ajudem todo o processo (ALVES, 2000 apud LYRA DA SILVA, 2005).

Deste modo nota-se que os princípios criados por Womack e Jones (1998) buscam eliminar o desperdício desenvolvendo um fluxo contínuo de valor por toda cadeia produtiva, alcançando a perfeição em satisfazer os desejos do cliente (LYRA DA SILVA,

2005).

2.3 A CONSTRUÇÃO ENXUTA

2.3.1 O Panorama da Construção Civil

Segundo Koskela (1992) os problemas existentes na construção civil são bem notórios e conhecidos; as condições de trabalho são ruins, existe uma escassez de força trabalhista em muitos países, tudo isso, agregado a mão de obra pouco qualificada existente, traz grandes problemas e uma baixa qualidade aos produtos finais gerados.

Segundo Messeguer (1991 apud Kurek, 2005), em seu trabalho destaca algumas características que limitam o crescimento desse setor:

- Caráter nômade, produtos únicos e produção centralizada;
- Indústria tradicional, resistência à mudanças;
- Mão de obra pouco qualificada, baixa motivação no trabalho, possibilidades de promoção quase inexistentes;
- Especificações complexas e confusas;
- Quadro de responsabilidades mal definido;
- Baixo grau de precisão.

Apesar dos problemas enfrentados, a indústria da construção civil tem grande importância na economia, sendo que de acordo com IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 01 de junho de 2012, dentre as atividades industriais a construção civil destaca-se com um crescimento de 3,1% em comparação ao ano de 2011; sendo que o Produto Interno Bruto (PIB) do país cresceu 0,9%, atingindo R\$ 4,402 trilhões; e a construção civil no acumulado do ano colaborou com o PIB em um crescimento geral de 1,4%.

Devido a essa importância, as empresas têm começado a se preocupar com as suas formas de produção, desperdícios e lucros. O mercado vem se tornando cada vez mais competitivo, e a necessidade de redução dos custos gerados esta sendo um fator

decisivo de sobrevivência, além de que as empresas têm necessidade de oferecer produtos mais acessíveis que satisfaçam e muitas vezes superem as expectativas dos clientes (BARROS, 1998).

Nesse contexto, o conceito da Produção Enxuta entra como uma forma de melhoria para esse setor, sendo que este busca melhor qualidade, menor desperdício e maior lucro, tudo isso agregado ao tempo.

Apesar do alto nível de complexidade que as indústrias possuem, seus pontos fracos são facilmente identificáveis, sendo eles geralmente baixa produtividade, condições de trabalho inadequadas e falta de qualidade. As soluções propostas a esses problemas tem base na indústria manufatureira, como a pré-fabricação e a industrialização (NUNES, 2010).

O sistema *Lean*, desenvolvido a partir da produção manufatureira e com excelentes resultados comprovados a partir de inúmeros estudos, teve sua aplicabilidade sugerida à construção civil, com a terminologia de Construção Enxuta, mostrando-se um atrativo sistema de gestão (GONÇALVES, 2009).

A Construção Enxuta é uma adaptação da Produção Enxuta; a aplicação de seus princípios possibilita identificar atividades que gerem interrupções no fluxo do trabalho, que são atividades que não agregam valor. São essas as interrupções que causam desperdícios e até retrabalhos, e são elas que devem ser minimizadas (COELHO, 2009).

Reduzir essas atividades é um dos principais objetivos da Construção Enxuta, segundo a qual os processos podem ser melhorados e os desperdícios reduzidos, com a melhoria na eficiência de algumas atividades e também na eliminação de outras (REIS, 2004).

Com o objetivo de minimizar os desperdícios existentes, segundo Reis (2004) deve-se analisar as atividades de fluxo desde o início do processo, ou seja, desde o levantamento das necessidades até a entrega da obra ao cliente.

Apesar de a construção civil ser considerada por muitos como um dos setores lentos da indústria em geral; pode-se observar que há um grande interesse por parte das empresas deste ramo em adaptar-se a essa nova realidade de mercado; sendo que hoje muitas construtoras têm buscado a certificação de seus sistemas de gestão da qualidade, principalmente na ISO 9001 (*International Organization for Standardization*) e PBQP-H

(Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat). Essas certificações exigem padronização e qualidade de serviços e produtos, e como já visto, os princípios *Lean* buscam exatamente a mesma coisa, eles contribuem para a melhoria de estratégias adotadas para alcançar o objetivo final; qualidade, menor desperdício e maior lucro.

2.3.2 Os Princípios da Construção Enxuta

A gestão de processos na construção fundamentada no sistema *Lean* diferencia-se das práticas tradicionais, pois resulta em um conjunto de objetivos claros para o processo de entrega, aumento do desempenho do projeto em vista do cliente, concepção simultânea de produtos e procedimentos e controle de produção durante a vida do projeto (HOWELL, 1999).

Dessa forma, Koskela (1992) desenvolveu o conceito da Construção Enxuta, instituindo onze princípios para sua aplicação na construção civil, sendo estes listados a seguir.

- 1) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor – para que o processo possa ser aprimorado reduzindo suas perdas deve ser melhorada a eficácia das atividades de conversão e fluxo, excluindo as atividades que não acrescentar valor ao cliente final. Porém estas atividades a serem excluídas devem ser criteriosamente analisadas, pois há atividades que não agregam valor diretamente ao cliente final, mas são indispensáveis para a eficácia global dos processos, como treinamento da mão de obra, utilização de dispositivos de segurança e controle dimensional (FORMOSO, 2002).
- 2) Aumentar o valor do produto por meio da consideração das necessidades dos clientes – é preciso identificar as necessidades dos clientes, tanto internos quanto externos, para que estas participem da elaboração do plano de gestão da produção. Para o emprego deste princípio deve-se mapear o processo, encontrando sistematicamente os clientes e os requisitos correspondentes a cada fase (GONÇALVES, 2009).

- 3) Reduzir a variabilidade – os processos de produção não são constantes, existindo diferenças de item para item, ainda sendo estes o mesmo produto, feitos como os mesmos recursos (tempo, mão de obra e matéria prima) (KOSKELA, 1992). São vários os processos de variabilidade de um processo, dentre eles há a variabilidade nos processos anteriores, que é ligada aos fornecedores do processo, a variabilidade no próprio processo, atrelada a sua execução, e a variabilidade da demanda, vinculada às necessidades e anseios do cliente final. A diminuição da variabilidade nos processos tem dois principais motivos. Primeiramente um produto uniforme resulta em maior satisfação ao cliente, afinal o atendimento das necessidades previamente notadas é o que confere qualidade ao produto. Em segundo plano, se houver variabilidade a quantia de atividades que não agregam valor deve aumentar, juntamente com o tempo para a produção devido a interrupções de fluxos de trabalho e rejeição de produtos fora da especificação do cliente (FORMOSO, 2002).
- 4) Reduzir o tempo de ciclo – é o conjunto de todos os tempos vinculados ao fluxo de materiais, essencial a execução de uma obra. Reduzir o tempo de ciclo denota aprovisionar cada processo no momento certo, impedindo a criação de grandes estoques. Gera os benefícios de atender com rapidez o cliente, agilidade na gestão de processos, aumento de aprendizado, previsibilidade de demanda e menor vulnerabilidade do sistema (MACEDO, 2004).
- 5) Simplificar através da redução de passos, partes e ligações – a simplificação de um processo pode ser realizada readequando seus passos ou partes que agregam valor a ele, e descartando as tarefas de não agregam nenhum valor. São muitas as formas de simplificar o processo de produção, tal qual a utilização de elementos pré-fabricados, equipes polivalentes, aplicação de ferramentas, como os 5S's, planejamento eficiente do processo, dentre outras (NUNES, 2010).
- 6) Aumentar a flexibilidade do resultado final – significa majorar a capacidade de realizar modificações no produto final conforme as necessidades do cliente, sem considerável aumento do custo. Pode ser alcançada diminuindo-se o tamanho dos lotes, diminuindo as barreiras em realizar ajustes e trocas, possibilitar a personalização do produto no tempo mais tarde possível, mão de obra polivalente

facilmente adaptável a alterações relacionadas a procura e escolha de processos construtivos flexíveis (NUNES, 2010).

- 7) Aumentar a transparência do processo – quanto mais transparente o processo, maior a facilidade em se obter controle e melhorias. A transparência diminui a disposição a falhas, aumenta a visibilidade geral da produção e incentiva melhorias. O aumento da transparência pode ser conseguido, por exemplo, através de controle visual, sinalizações, manutenção básica de processos e maior independência entre as unidades produtivas (WIGINESCKI, 2009).
- 8) Focar o controle no processo global – o controle segmentado de processos tem seu fluxo transcorrente por unidades distintas ou atravessando a organização. Logo para o controle global do processo este deve ser medido durante todos os procedimentos, com um responsável sempre realizando acompanhamento (ROMANEL, 2009).
- 9) Introduzir melhoria contínua no processo – a melhora contínua dos processos colabora com a redução de perdas, agregando valor ao produto. Acontece internamente, por meio da interação dos funcionários, que devem receber capacitação, juntamente com outras iniciativas levando ao aprimoramento constante do processo (ROMANEL, 2009).
- 10) Balancear melhoria nos fluxos por meio de melhoria nas conversões – para que haja melhoria na produção, tanto os fluxos quanto as conversões devem receber atenção especial, pois em cada etapa de produção possuem diferentes características que devem ser observadas. Em geral, quanto mais complexa a etapa, e mais resíduos inerentes ao processo de produção, maior melhoria é obtida através de alterações no fluxo (KOSKELA, 1992).

Mesmo a questão dos fluxos tendo sido deixada de lado por décadas, o potencial de se alcançar melhoras é muito maior através dos fluxos, do que pelas conversões. Entretanto, melhorias no fluxo podem ser iniciadas com menos investimentos que as conversões, mas necessitam de mais tempo para resultados que as melhorias de conversão (KOSKELA, 1992).

Koskela (1992) salienta que as melhorias de fluxo estão intimamente ligadas às de conversão, pois para melhores fluxos são necessários menor

capacidade de conversão e investimentos em equipamentos. Para implantação de uma tecnologia de conversão mais simples, menores devem ser os fluxos controlados, e com nova tecnologia de conversão pode resultar em menos variabilidade, gerando melhoras ao fluxo.

- 11) Fazer *benchmarking* – *benchmarking* significa empregar métodos e processos utilizados em outras empresas que apresentaram êxito. É uma ideia simples, que dispensa a organização de investimentos para sua obtenção a aplicação. Diminui a competitividade, criando um padrão de métodos e processos às empresas de um mesmo setor (MACEDO, 2004).

2.3.3 Aplicação da Construção Enxuta

Em relação à aplicação da Mentalidade Enxuta na construção civil, é necessário que sejam analisados seus diversos fluxos, afinal seus processos possuem inúmeras etapas envolvidas (PICCHI, 2003). As ideias da Mentalidade Enxuta de acordo com Womack (2000, apud PICCHI, 2003) podem ser aplicadas a qualquer empresa, independente de seu setor, desde que considerados no mínimo os três fluxos fundamentais existentes, sendo eles o de projeto, compreendido desde sua criação até o cliente; a parte da construção, partindo do pedido até o recebimento, envolvendo o fluxo das informações do pedido à entrega, e o fluxo físico, em relação a matéria prima e a entrega; e a sustentação, que deve ser contínua por toda vida útil até a sua reciclagem.

PICCHI (2003) sugeriu uma nomenclatura para os processos que considerou mais relevantes em relação à execução dos processos, listadas abaixo:

- Fluxo de negócio – comandado pelo cliente, engloba a identificação das necessidades, a realização do planejamento geral do empreendimento, sua aprovação nos órgãos competentes, aquisição de financiamento, contratações, gerenciamento do projeto e execução, recebimento da obra finalizada e sua entrega ao cliente final.
- Fluxo de projeto – usualmente comandado pelo projetista responsável, tem como

participantes o cliente, por meio da identificação de suas necessidades e *briefing*, juntamente com os demais projetistas.

- Fluxo de obra – conduzido pela empresa executora da obra, muitas vezes empregando um alto grau de subcontratação.
- Fluxo de suprimentos – gerido pela empresa executora da obra, abrange fornecedores de materiais, serviços e subfornecedores.
- Fluxo de uso e manutenção – inicia-se posteriormente a entrega da obra, equiparando-se ao fluxo de sustentação das indústrias manufatureiras. Inclui uso, operação e manutenção, tais como reparos, reforma e demolição. Na maioria das vezes é administrado por empresas especializadas diferentemente às das etapas anteriores.

2.3.4 Ferramentas adaptadas da Produção Enxuta à Construção Enxuta

Para ajudar na aplicação dos princípios *Lean*, faz-se o uso de ferramentas. Devido a impossibilidade de abordar todas as ferramentas *Lean* com a devida profundidade, optou-se por fazer uma breve discussão a respeito daquelas mais citadas na literatura e consideradas aplicáveis ao setor da construção civil. Abaixo estão listadas as ferramentas que foram selecionadas para este estudo:

- *Kanban*;
- Arranjo Físico;
- Operador Polivalente;
- Auto Controle;
- Nivelamento da Produção ou *Heijunka*;
- Controle Visual do processo;
- *Kaizen*/Melhoria de atividades;
- Mapa de fluxo de valor.

Estas ferramentas foram selecionadas devido ao fácil entendimento e aplicação para área da construção civil; elas se encaixam de uma forma adequada aos canteiros de

obra, diferentemente de outras ferramentas que são melhor aplicáveis para a indústria em geral.

- *Kanban:*

O *kanban* é uma ferramenta a qual consiste em utilizar cartões que registram a liberação de um serviço ou a retirada de materiais que serão utilizados (MOURA, 2007 apud CORREIA, 2007).

De acordo com Correia (2007) o uso dessa ferramenta ajuda a movimentação de materiais e solicitação de serviços, a manutenção dos estoques, não deixando serviços parados por falta de materiais; e também na continuidade do fluxo de serviços.

Segundo Molina (1995) os principais tipos de *kanban* são os seguintes:

- *Kanban* de ordem de Produção: determina o número e o tipo de produtos que o próximo processo deverá produzir.
- *Kanban* de movimentação ou requisição: determina a quantidade de produtos ou material que devem ser retirados de um processo anterior pelo processo posterior. Nenhum material ou produto, sem exceção, pode ser retirado e transportado sem estar acompanhado de seu cartão. Este cartão circula entre dois centros de produção.
- *Kanban* de fornecedor: este *kanban* é um *kanban* de requisição também, pois possui informações para o fornecedor entregar os produtos.

Segundo Molina (1995), o *kanban* através dos funcionários dá início ao processo de produção apenas quando houver necessidade, sendo que ele administra informações sobre os processos, produtos e estoques; avisando quando é necessário repor materiais e evitando o excesso. É um mecanismo simples de ser utilizado, e permite controle visual de todo o processo.

- Arranjo Físico

O arranjo físico significa organizar ou dispor os vários recursos produtivos; como máquinas, equipamentos, instalações e pessoal; utilizados para produção de um bem ou serviço. Existem alguns tipos de arranjo físico: Posicional, Funcional, Celular e Por

produto; cada um leva em consideração o tipo de processo (PISKE, 2008). Para a construção civil, os mais interessantes são: o arranjo físico celular e o arranjo físico posicional.

O arranjo físico celular é o agrupamento de peças ou produtos em grupos que tem características em comum e utilizam os mesmos recursos de produção. Dessa forma, torna-se mais simples e fácil a programação da produção, movimentação de materiais e o controle (MIYAKE, 2002 apud FILHO, 2011).

O arranjo físico posicional traz as estações de trabalho próximas ao produto que será transformado; nesse arranjo vê-se que o produto final não se move, e sim a matéria-prima; como é o caso da construção de uma casa, produção de concreto, entre outros serviços.

Para a construção civil, o arranjo físico, seria fazer o *layout* do canteiro de obra, o qual ajuda a manter a organização, rapidez e qualidade dos processos. Segundo Filho (2011), a elaboração do *layout* do canteiro traz alguns benefícios, como por exemplo, a diminuição do percurso entre postos de trabalho, eliminando o desperdício do tempo em decorrência desse percurso. Sendo que o desenvolvimento do mesmo envolve um estudo das várias etapas da obra, sendo assim, pode mudar conforme o decorrer dos processos.

Para a elaboração do *layout* do canteiro deve-se levar em consideração alguns aspectos importantes: a economia de movimento, o fluxo progressivo, a flexibilidade e integração, o uso do espaço físico disponível e necessário, a satisfação e a segurança.

- Operador Polivalente:

Essa ferramenta consiste em capacitar os operadores a executar várias tarefas, ao invés de se especializar o operador em apenas uma tarefa específica, restringindo o trabalho do mesmo; ou seja, o *Lean Construction* emprega trabalhadores multiqualificados em todos os níveis da organização (WOMACK E JONES, 1998).

- Auto Controle:

Para resolver falhas ou erros no processo, essa ferramenta transfere algumas decisões da média gerência ou supervisão para a base da organização, ou seja, da maior autonomia e responsabilidade aos operadores, exigindo qualidade (WOMACK E JONES, 1998).

- Nivelamento da Produção ou *Heijunka*:

Essa ferramenta consiste em tentar manter constante o volume total produzido, uniformizando a produção (WOMACK E JONES, 1998).

Através dessa ferramenta, a programação da produção nivela a demanda dos recursos e também permite combinar itens diferentes de forma que se garanta um fluxo contínuo de produção. Ela permite produzir em pequenos lotes e minimizar os estoques (GHINATO, 2000).

- Controle Visual do processo:

O controle visual consiste em expor problemas, ações, metas e níveis de desempenho de todo o processo, ou seja; apresentar resultados parciais em murais onde todos possam visualizar e acompanhar o processo; onde assim, permite-se a rápida e clara imagem do andamento da produção e torna o gerenciamento do sistema mais ágil (WOMACK E JONES, 1998).

Para a construção civil, essa ferramenta é interessante, já que a maioria dos processos e serviços são artesanais; precisando assim manter um nível de produção e a qualidade final dos produtos e serviços. Algumas maneiras de aplicar essa ferramenta é a elaboração de listas de verificação, ou *check-lists*; outra é a exibição do desempenho da produção ou equipe, onde pode-se abordar metas e melhorias para os próximos serviços.

- *Kaizen*/Melhoria de atividades:

Como pôde ser observado, o terceiro constituinte da base sobre o qual estão assentados os pilares do TPS é justamente o *kaizen* (GHINATO, 2000).

Segundo Ghinato (2000), *Kaizen* é a melhoria contínua de uma atividade, ou seja, determina onde estão as perdas ou as falhas do processo, e foca na eliminação dessas falhas, de tal forma a evitar desperdícios e agregar valor ao produto ou atividade. Esta ferramenta funciona com um contínuo monitoramento dos processos, o qual pode ser feito através do ciclo PDCA (*Plan - Do - Check - Act*), o que garante uma observação dos erros e possíveis melhorias, ou seja, padronização de melhores soluções; tudo isso sem grandes investimentos.

É de grande importância para esta ferramenta a utilização da padronização dos processos, pois só assim se pode lançar o processo para o próximo nível de forma sólida e consistente (GHINATO, 2000).

- Mapa de Fluxo de valor:

Segundo Rother e Shook (2003) fluxo de valor é uma ferramenta qualitativa que consiste em toda ação, que agrega valor ou não, necessária para realizar a transformação de um produto, desde a matéria-prima até o processo de entrega do produto ao consumidor final.

Rother e Shook (2003) propõe o mapeamento de cada atividade de todo um processo, isso através de elementos gráficos, onde possa se observar com clareza o que está acontecendo em cada etapa, esse mapeamento é denominado de Mapa de fluxo de valor (MFV). Para tanto, são representados nesse mapa, os fornecedores, clientes, estoques, fluxo de informações, movimentação de materiais e todas as etapas do processamento do produto.

O MFV de um produto ajuda a visualizar todo o processo, a partir daí pode-se identificar desperdícios, ou seja, identificar as atividades que não estão agregando valor ao fluxo e ao produto final. Essa ferramenta ajuda na implementação de conceitos e técnicas enxutas, e mostra a relação existente entre o fluxo de informação e o fluxo de material (ROTHER E SHOOK, 2003).

O passo final dessa ferramenta é elaborar e implementar um plano de ação que descreva o que deve e como deve ser melhorado para se alcançar um estado desejado, sendo que deve sempre haver uma melhoria contínua no nível do fluxo de valor (ROTHER E SHOOK, 2003).

2.4 O MODELO LCR

O modelo LCR (*Rapid Lean Construction-Quality Rating Model*) surgiu de uma ideia denominada de Plano de Aplicação da Construção Enxuta (PALC). A ideia desse plano se define em utilizar um *check-list* como um modo de avaliar o desempenho das empresas construtoras devido à aplicação dos conceitos enxutos ou ferramentas *Lean* em canteiros de obra (OLIVEIRA, 2010).

Esse modelo foi desenvolvido e adaptado por Hofacker et al. (2008) apoiados pelo PALC e demais modelos de avaliação relativos ao grau de enxugamento em indústrias manufatureiras.

Algumas características apresentadas por esse modelo se tornam importantes para facilitar a aplicação do mesmo em canteiros de obra (OLIVEIRA, 2010):

- Tempo de aplicação de no máximo 1 hora;
- Interface de preenchimento simples e resumida, com itens agrupados em categorias e com pontuação na escala *Likert*.
- Aplicação realizada na presença apenas do engenheiro da obra ou do mestre de obras, dentro do canteiro, para entrevista acompanhada de observação dos pesquisadores.

O modelo é composto por 6 categorias: foco no cliente; desperdícios; fluxo de materiais; organização; planejamento e fluxo de informações e melhorias contínuas; as quais foram definidas a partir dos 5 princípios da Mentalidade Enxuta, que estão desenvolvidos no item 2.2; e dos 11 princípios da Construção Enxuta segundo Koskela (1992), no item 2.3.2. A partir dessas categorias, estão distribuídos 30 itens para avaliação, com pontuação de 0 a 6 (OLIVEIRA, 2010).

Abaixo tem-se a Figura 2 que representa o modelo LCR desenvolvido por Hofacker et al. (2008):

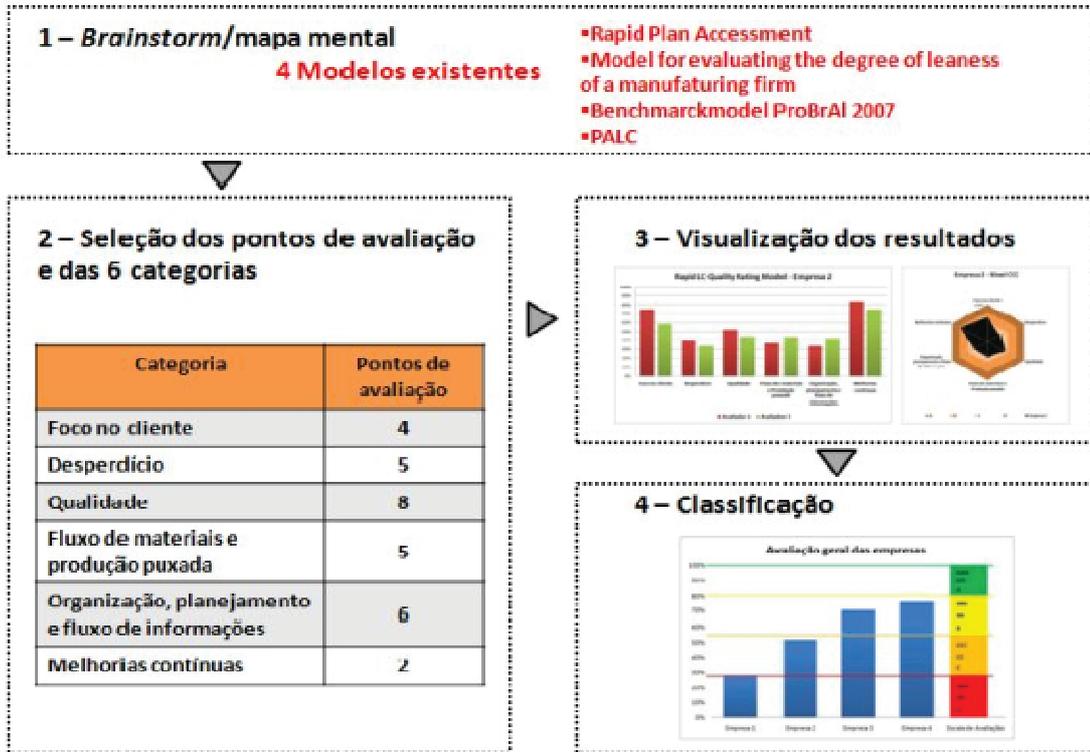


Figura 2 – Desenvolvimento do Modelo LCR
 Fonte: Adaptado de HOFACKER et al.,(2008).

Para a aplicação desse modelo, os autores recomendam aplicá-lo em pelo menos cinco obras diferentes de uma mesma empresa, sendo realizada por dois pesquisadores que tenham domínio da teoria da Construção Enxuta.

Abaixo é apresentada a Tabela 1 com as 30 questões elaboradas para a avaliação; uma apresentação simplificada do modelo.

Tabela 1 - Pontos de avaliação do modelo LCR a partir de cada categoria

Categoria	Questões
Foco no Cliente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Foco no cliente, em termos de vendas, marketing e foco estratégico, detectando o que é valor para o cliente; 2. Comunicação regular com o cliente e flexibilidade para adaptar as mudanças requeridas 3. Flexibilidade do projeto e comunicação entre projetistas e gerente da construção (durante a execução); 4. Limpeza do canteiro de obra (5S).

Fonte: Adaptado de Hofacker et al., (2008).

(continua)

(continuação)

Tabela 1 - Pontos de avaliação do modelo LCR a partir de cada categoria

Desperdícios	5. Desperdício dos materiais de construção: detecção dos desperdícios e consciência no canteiro;
	6. Ações, conhecimento e incentivos para eliminar os desperdícios (produção em excesso, tempos de espera, transportes desnecessários, retrabalhos...);
	7. Gerenciamento dos resíduos (reciclagem, separação do entulho da construção);
	8. Utilização dos espaços: quanto o espaço é eficientemente utilizado (áreas dedicadas aos materiais, pequenas peças organizadas, menor espaço possível utilizado);
	9. Tempo desperdiçado (redução do tempo de transporte, tempo de espera, padronização do uso de equipamentos e transportes).
Qualidade	10. Controle de qualidade constante dos materiais de construção (e.g. certificação de controle da resistência do concreto);
	11. A empresa possui algum tipo de certificação da qualidade (ISSO, PBQP-H);
	12. Percepção visual da qualidade de execução dos serviços (variabilidade do padrão);
	13. Segurança no canteiro de obra;
	14. Busca e análise das causas dos retrabalhos (5W);
	15. Padronização de processos;
	16. Sistema de gerenciamento visual (sinalização clara, sinalização autoexplicativa e sistemas de controle de qualidade);
17. Grau de mecanização (maquinário técnico) para obter uma qualidade de padronização e desempenho.	
Fluxo de materiais e produção puxada	18. Sistema de cartões <i>Kanban</i> (existência e bom funcionamento);
	19. Aplicação de conceitos Just-In-Time (medição e.g. da quantidade de armazenamento, e.g. estoque > 1 semana, não é JIT);
	20. Uso de concreto usinado (uso = (6), feito no canteiro = (0));
	21. Sistema de pedido e tempo de reposição de materiais (concreto, aço, tijolos) pelos fornecedores (1 dia = (6), 1 semana = (3), > 2 semanas = (0));
Organização, planejamento e fluxo de materiais.	22. Uso de sistemas de suporte ao transporte (grua) e padronização dos transportes (pallets).
	23. Como é a consciência, convencimento e suporte da alta gerência na aplicação dos conceitos da <i>Lean Construction</i> ;
	24. Motivação e responsabilidade dos empregados (existem ações, métodos que promovam isso?);
	25. Polivalência dos times (o quão flexíveis são os empregados para trabalhar em diferentes serviços)
	26. São feitas reuniões diárias com aplicação do sistema <i>Last-Planner</i> (6)? Ou a estrutura de planejamento da produção é tradicional (0)?;
	27. Ferramentas de comunicação (e.g. aplicação do <i>Andon</i>);
28. Aplicação de sistemas de informação vertical e horizontal.	
Melhoria contínua	29. Busca da empresa pela perfeição, processo de aplicação do aprendizado de projeto para projeto;
	30. Educação continuada dos empregados (qualidade, cursos de especialização, <i>Lean...</i>).

Fonte: Adaptado de Hofacker et al., (2008).

A Tabela 2 abaixo mostra a classificação segundo o grau de aplicação do modelo.

Tabela 2 - Classificação quanto ao grau de aplicação dos conceitos da Construção Enxuta

Resultado	Grau de aplicação (%)	Interpretação da classe
AAA	95% a 100%	Busca a perfeição pelas melhorias da qualidade e aplicação do LCR
AA	89% a 94%	
A	81% a 88%	
BBB	73% a 80%	Foco na qualidade e aprendizagem dos conceitos lean dentro dos projetos/ empresa de níveis
BB	64% a 72%	
B	55% a 63%	
CCC	46% a 54%	Consciência de Qualidade, mas baixo/nenhum conhecimento do lean construction
CC	37% a 45%	
C	28% a 36%	
DDD	10% a 27%	Baixa Qualidade e baixo foco em melhorias e desperdícios
DD	10% a 18%	
D	0% a 9%	

Fonte: Adaptado de Hofacker et al., (2008).

Segundo Oliveira (2010), depois de realizada a avaliação dos pesquisadores, pode-se classificar as empresas quanto ao grau de aplicação dos conceitos da Construção Enxuta nas determinadas obras. Esse grau varia de AAA (95% a 100% da pontuação, que significa que a empresa busca perfeição tanto em desenvolver qualidade como na aplicação dos conceitos) até D (0% a 9%, que significa que a empresa apresenta baixa qualidade em seus processos e produtos, baixo foco em melhorias, muito desperdício e falta de conhecimento dos conceitos Lean).

3. MÉTODO DE TRABALHO

Este capítulo apresenta a metodologia de pesquisa utilizada na condução deste trabalho. Foi definida a estratégia de pesquisa adotada e o delineamento do estudo. Apresentaram-se também, as ferramentas *Lean* que se fizeram necessárias para sua aplicação no canteiro de obra.

3.1 ESTRATÉGIA DA PESQUISA

Estudo de caso, experimentos, levantamentos, pesquisas históricas e análise de informações em arquivos são alguns exemplos de como realizar pesquisas. Cada estratégia apresenta vantagens e desvantagens próprias dependendo do tipo de questão da pesquisa, do controle que o pesquisador possui sobre o evento e o foco em fenômenos históricos (YIN, 2005).

Sendo o objetivo principal deste estudo “identificar e aplicar ferramentas *Lean* que mais se adéquam nas empresas construtoras, classificadas no modelo LCR”, e os objetivos específicos “apresentar o modelo LCR, classificar as empresas segundo o modelo, identificar as ferramentas *Lean* aplicáveis à construção civil; aplicar as ferramentas *Lean* que melhoram os processos nas empresas classificadas pelo modelo LCR, acompanhar a implantação das ferramentas em obra e acompanhar os benefícios da implantação das ferramentas na empresa”, por esta razão, foi escolhido como estratégia de pesquisa, o estudo de caso.

Essa estratégia de pesquisa, segundo YIN (2005), permite que sejam observados aspectos temporais e contextuais do fenômeno em estudo, além de permitir a utilização de formas qualitativas e quantitativas de análise, sem exigir, no entanto, a documentação de frequências ou incidências dos fenômenos estudados ao longo do tempo ou manipulação destes.

3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi dividida em 4 etapas, representadas na Figura 3.

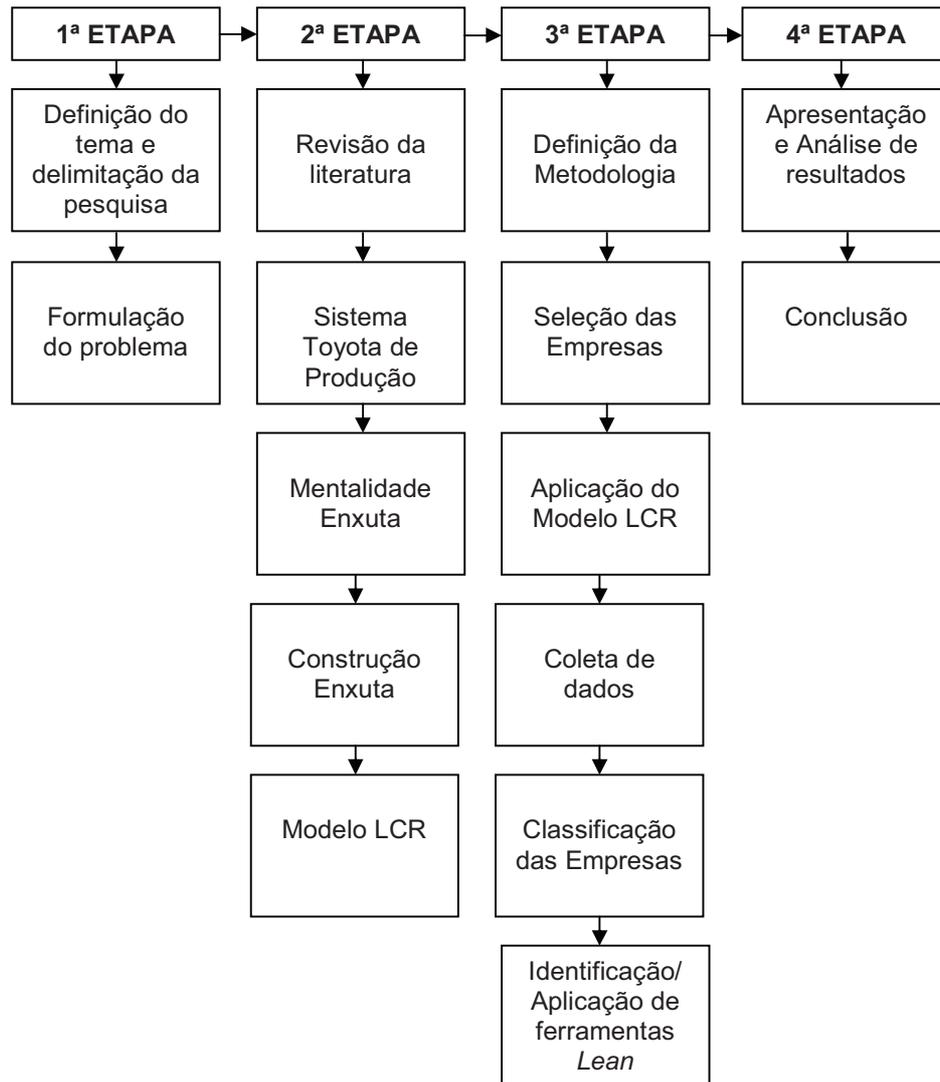


Figura 3 - Fluxograma do Delineamento da Pesquisa
Fonte: Autores (2012).

Como pode ser observado na Figura 3, para primeira etapa, definiu-se o tema juntamente com a delimitação da pesquisa, formulando o problema base para o estudo. Em seguida, foi redigida a revisão de literatura, para a qual foram utilizados como

referência livros, artigos publicados, monografias e dissertações. Definida a metodologia de trabalho, na terceira etapa foi feita a seleção das empresas, nas quais será aplicado o modelo LCR, coletados os dados, e realizada a classificação das mesmas. Partindo das ferramentas apresentadas na revisão bibliográfica, foram identificadas algumas ferramentas, que se adéquam melhor às empresas classificadas, onde, em uma determinada empresa foram aplicadas em canteiro de obra. As fontes de evidência, que foram utilizadas para a coleta de dados são baseadas nas ferramentas denominadas controle visual do processo e arranjo físico; e são, a partir de documentação, como fotos, documentos administrativos de controle da empresa, *check-list*, dentre outros; a observação direta. Finalmente, após um determinado período de tempo, foram analisados os benefícios possibilitados pelas ferramentas e feitas às devidas conclusões.

3.2.1 Aplicação do modelo LCR

Em um primeiro momento foi realizada a aplicação do modelo LCR, que se deu em 5 empresas de Pato Branco, num total de 12 canteiros.

Para a realização da avaliação, foi aplicado o questionário com as 30 questões em diferentes canteiros de obra, sendo que esse questionário era preenchido posterior a visita em obra, afim de não interferir nas atividades desenvolvidas no local. Além disso, uma normativa para a avaliação, é que as pesquisadoras não poderiam ficar além de 1 hora no canteiro de obra.

Em seguida, coletados os resultados, é realizada a classificação das empresas quanto ao grau de precisão dos conceitos *Lean* de acordo com as metodologias impostas.

3.2.2 Determinação das Ferramentas *Lean* aplicáveis

Determinaram-se as ferramentas que seriam aplicáveis em todas as empresas

classificadas, porém no canteiro de obra de uma das empresas foram implementadas duas das ferramentas escolhidas; sendo esta uma empresa que desenvolve serviços voltados à execução de pisos industriais.

As ferramentas escolhidas para aplicação como já citadas anteriormente, foram: controle visual do processo e arranjo físico. Essas ferramentas foram pré-determinadas pelo fato de apresentarem bons resultados e serem de fácil implantação e aceitação. Os resultados obtidos foram coletados e analisados de acordo com o efeito que se é esperado pela implementação das mesmas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item, serão apresentados os resultados da classificação das empresas no modelo LCR. Primeiramente, são descritas as empresas classificadas. Em seguida, o resultado geral da avaliação das empresas e as ferramentas adequadas a cada resultado. Após, serão apresentadas as ferramentas *Lean* implantadas na empresa escolhida e os benefícios apresentados pela mesma.

4.1 ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DAS EMPRESAS

Em um primeiro momento fez-se a seleção das empresas e aplicação do modelo LCR, onde foram visitados alguns canteiros de obra de cada empresa, e observados os aspectos relevantes de acordo com o questionário de avaliação. Grande parte das obras visitadas eram edifícios de grande porte. A partir dos resultados coletados, pode-se comparar as empresas analisadas e classificá-las.

4.1.1 Empresa 1

A Empresa 1 não apresenta conhecimento/aplicação da filosofia *Lean*, e também não apresenta nenhuma certificação da qualidade, o que gera um desequilíbrio nos 6 aspectos avaliados.. Ela trabalha com todos os tipos de obras, desde reformas e ampliações, construções de edifícios de múltiplos pavimentos e execução de pisos industriais. A aplicação do modelo foi realizada com o Engenheiro responsável. Abaixo tem-se a Figura 4, onde o gráfico mostra a classificação da empresa.

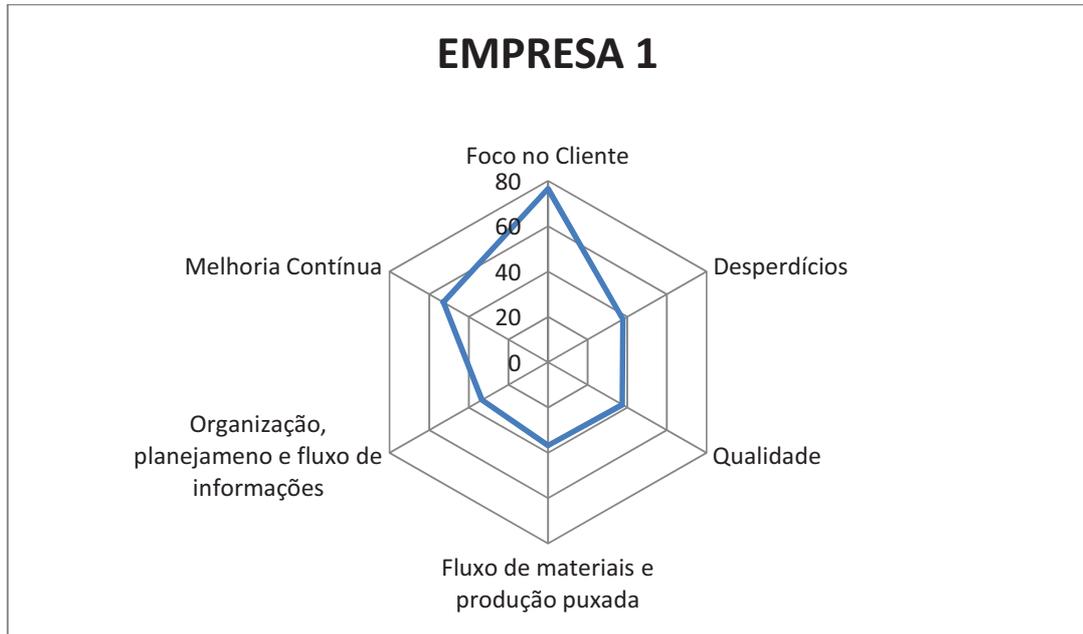


Figura 4 - Gráfico radar com a classificação da empresa 1
Fonte: Autores (2013).

A empresa possui um baixo foco na qualidade, sendo grande parte desse resultado devido à falta de conhecimento a aplicação de questões ligadas a qualidade; outros pontos fracos são os quesitos que dizem respeito ao desperdício, fluxo de materiais, organização, planejamento e fluxo de informações. Mas pode-se notar que a empresa está buscando melhorias, e um ponto forte é o foco no cliente; isso pode ser devido também ao número de obras particulares que a empresa possui, o que sugere que a empresa preste mais atenção na satisfação final do cliente, o que não acontece quando as obras são públicas. A Empresa 1 apresentou avaliação de 45,7%, sendo classificada como CCC.

As ferramentas indicadas para essa classificação seriam as ferramentas: controle visual do processo e nivelamento da produção; as quais são recomendadas para melhoria dos processos e qualidade, já que o nivelamento da produção consiste em manter constante o volume total produzido o que, juntamente com a segunda ferramenta poderia melhorar a qualidade dos serviços executados sempre cumprindo prazos. Devido às obras realizadas por essa empresa serem em grande parte pisos industriais, as quais precisam de uma padronização, essas ferramentas seriam bem adequadas. Outras duas ferramentas relevantes seriam o mapa fluxo de valor e o arranjo físico, as

quais seriam voltadas para a questão dos desperdícios e organização.

4.1.2 Empresa 2

A Empresa 2 apresenta certificação da qualidade (PBQP-h) nível D. Ela trabalha com obras de pequeno e grande porte, mas em grande maioria obras particulares. Pode-se perceber que já são colocadas algumas questões ligadas a qualidade em prática e que estão aprendendo a utilizar alguns dos conceitos relacionados; mas tudo ainda é bastante empírico, o que gera um desacordo nos aspectos avaliados pelo modelo LCR; sendo que seus pontos fracos são na organização, planejamento, fluxo de informações e de materiais.

Abaixo tem-se a Figura 5, onde o gráfico mostra a classificação da empresa.

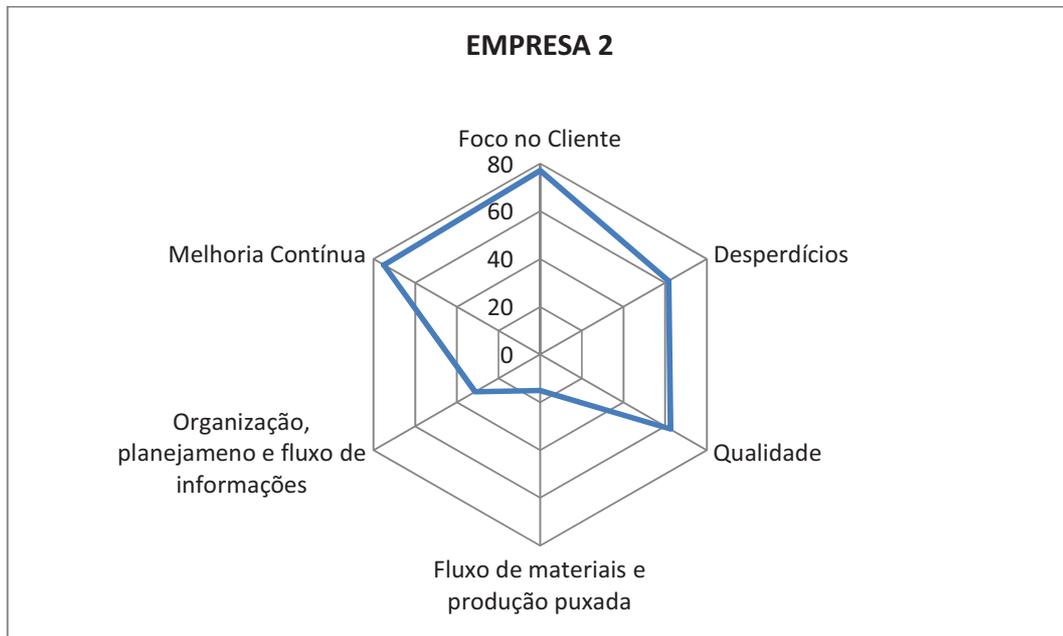


Figura 5 - Gráfico radar com a classificação da empresa 2
Fonte: Autores (2013).

A Empresa 2 apresentou avaliação de 53,8%, o que fica apenas um pouco acima da Empresa 1, sendo classificada como CCC.

As ferramentas indicadas para essa empresa seriam as ferramentas: o arranjo físico e o *kanban*, as quais seriam voltadas para questões relacionadas à organização, planejamento, fluxo de informações e materiais; onde a empresa apresenta maior deficiência. A montagem do *layout* dos canteiros de obra e o acompanhamento dos processos com os cartões *kanban* ajudariam a manter a organização, rapidez e qualidade dos serviços.

4.1.3 Empresa 3

A Empresa 3, trabalha apenas com a construção de edifícios de grande porte. Ela apresenta certificação da qualidade (PBQP-h) nível D e está buscando nível C. A empresa tem pouco conhecimento do conceito *Lean*, e não tem aplicação; mas está buscando em vários aspectos melhorar sua produção.

Abaixo tem-se a Figura 6, onde o gráfico mostra a classificação da empresa.

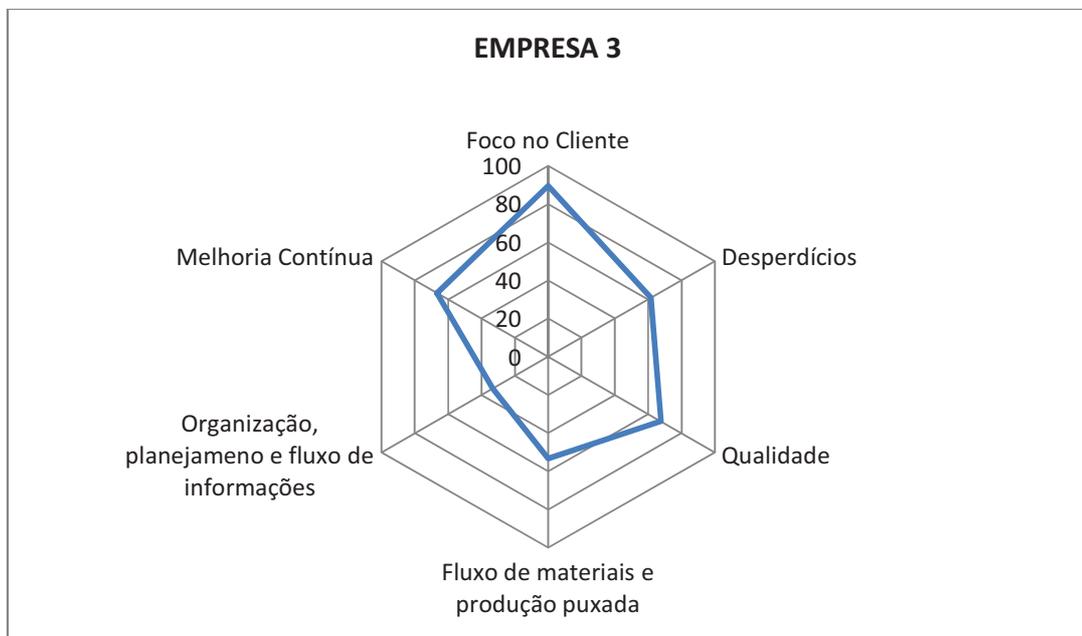


Figura 6 - Gráfico radar com a classificação da empresa 3
Fonte: Autores (2013).

A figura mostra um gráfico melhor distribuído, sendo que seu ponto fraco ainda é no fluxo de materiais e produção puxada e na organização, planejamento e fluxo de informações. O quesito foco no cliente, como nas demais empresas, é bastante levado em consideração.

A Empresa 3 apresentou avaliação de 62,0%, o que fica acima das duas empresas, sendo classificada como B.

Para a classificação obtida, as ferramentas ideais seriam: o arranjo físico e o *kanban*, também devido à organização, planejamento e fluxo de informações e materiais. E caso a empresa desejasse uma melhoria nos itens qualidade e desperdício, as ferramentas mapa fluxo de valor e nivelamento da produção seriam indicadas, já que a mesma trabalha com edificações padrão.

4.1.4 Empresa 4

A Empresa 4 possui certificação pelo PBQP-h nível A, e assim está mais envolvida com os programas de qualidade, e ela atua com obras licitadas. Não possui aplicação do conceito *Lean*, mas tem conhecimento, e, busca colocá-los em prática.

Abaixo tem-se a Figura 7, onde o gráfico mostra a classificação da empresa.

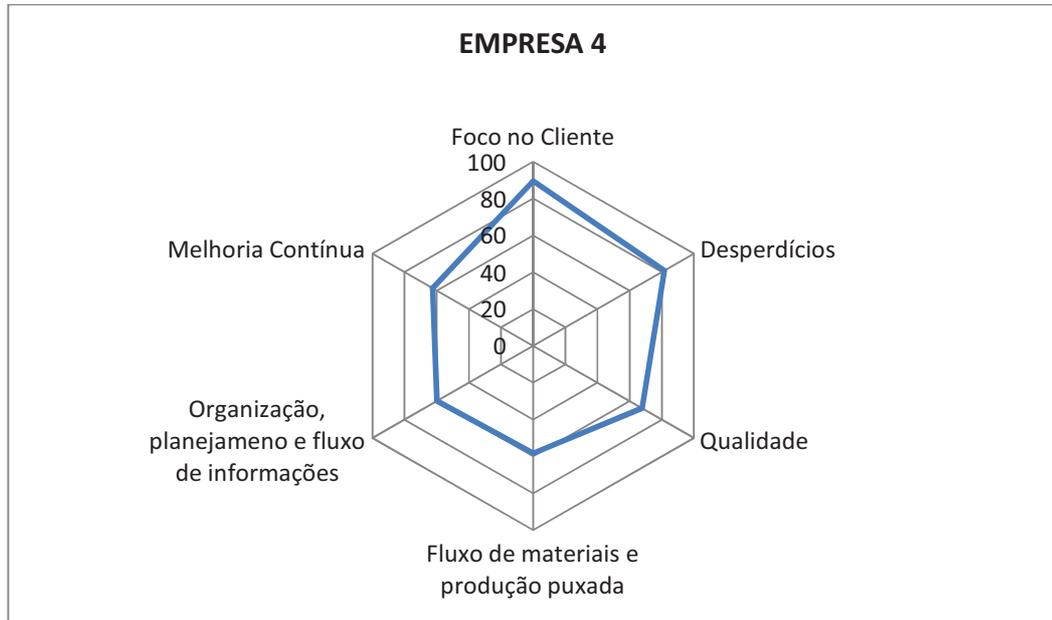


Figura 7 - Gráfico radar com a classificação da empresa 4
Fonte: Autores (2013).

O gráfico mostra que seus pontos mais relevantes são nos aspectos de foco no cliente e na parte de desperdícios; os demais estão praticamente no mesmo nível, o que pode nos mostrar que a empresa busca por melhorias conjuntas em vários setores. A empresa atingiu 69,9% na avaliação, e, portanto está classificada como BB; esta foi a empresa que obteve melhor desempenho na avaliação realizada.

Para alcançar melhorias nas áreas com menor pontuação, as ferramentas que poderiam ser aplicadas são: arranjo físico e o *kanban*. E para aperfeiçoar a melhoria contínua dentro da empresa, seriam adequadas as ferramentas controle visual do processo e *kaizen*.

4.1.5 Empresa 5

A empresa 5, atua em obras de edifícios de grande porte apenas, e tem certificação pelo PBQP-h nível A, e portanto também está mais envolvida com as questões da qualidade. Não possui conhecimento/aplicação do conceito *Lean*.

Abaixo tem-se a Figura 8, onde o gráfico mostra a classificação da empresa.

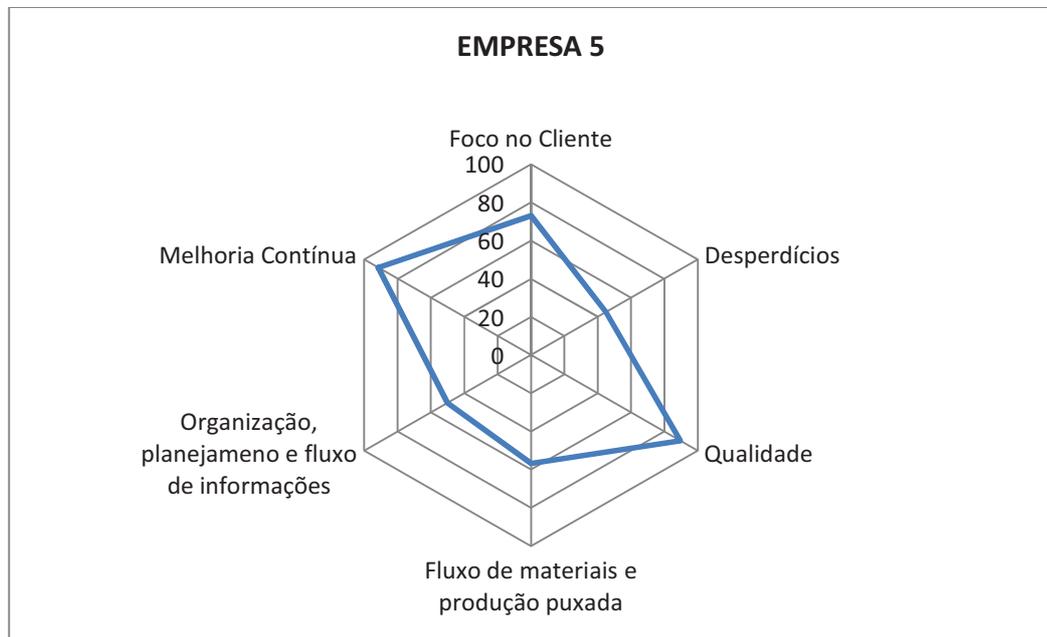


Figura 8 - Gráfico radar com a classificação da empresa 8
Fonte: Autores (2013).

Os pontos fortes da empresa são nos aspectos de melhoria contínua e qualidade dos serviços; sendo que o seu ponto mais fraco está na parte de desperdícios. O quesito relacionado a organização, planejamento e fluxo de informações está sendo trabalhado e desenvolvido já dentro da empresa.

A empresa atingiu 67,6% na avaliação, e, portanto está classificada como BB.

As ferramentas aplicáveis à essa avaliação seriam: o arranjo físico e o *kanban*, devido à organização, planejamento e fluxo de informações e materiais. Em conjunto poderiam ser utilizadas as ferramentas mapa fluxo de valor e o próprio *kanban* para aumentar o controle com relação aos desperdícios.

4.1.6 Avaliação geral

Abaixo se tem a Figura 9 e a Figura 10, onde se podem observar e comparar as Empresas classificadas conforme os 6 conceitos abordados e avaliados.

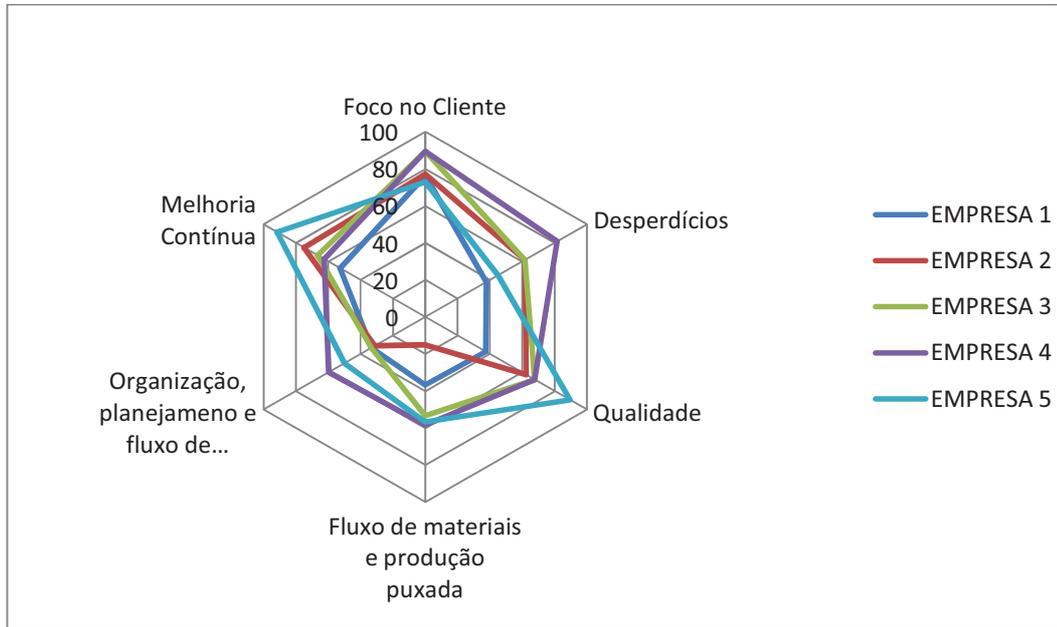


Figura 9 – Gráfico radar com a classificação e comparação das empresas
Fonte: Autores (2013).

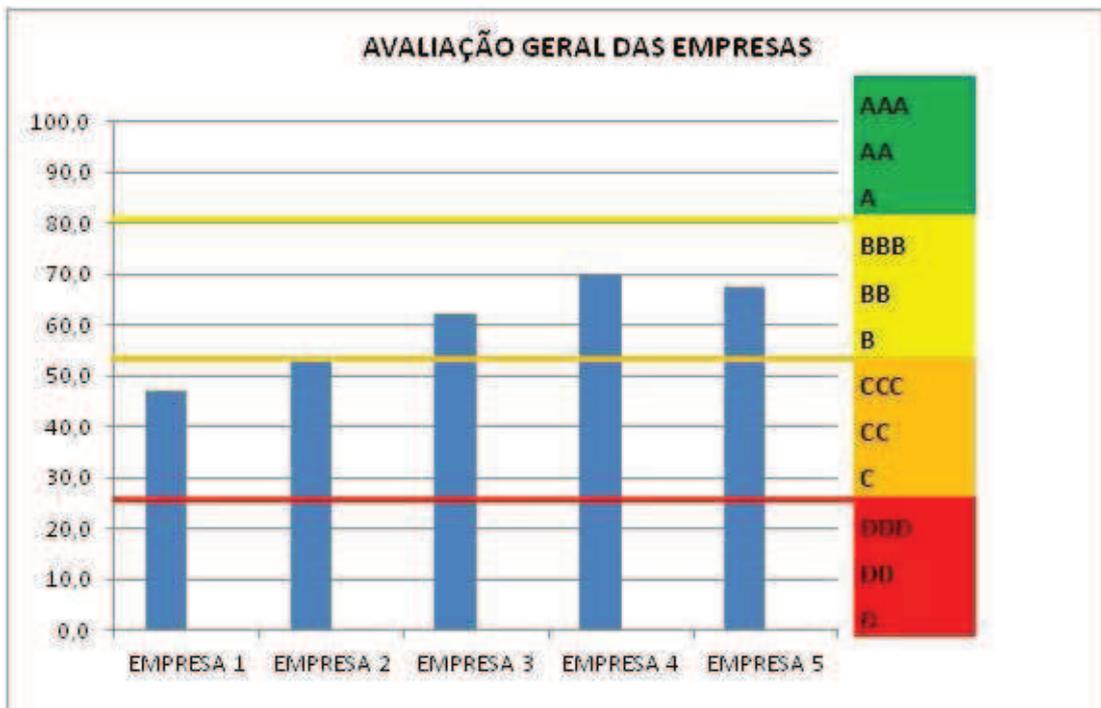


Figura 10 – Gráfico geral da avaliação das empresas
Fonte: Autores (2013).

A partir do gráfico geral da avaliação das empresas, pode-se concluir que a classificação proposta pelo modelo está adequada, já que as empresas que não possuem nenhum sistema de gestão de qualidade, ou que possuem em um nível inicial não obtiveram classificação acima do nível CCC. Enquanto isso, as empresas que possuem programas de gestão de qualidade, como o PBQP-h, apresentou melhor desempenho, ficando entre o nível B a BB, mesmo sem o conhecimento ou aplicação dos conceitos *Lean*.

4.2 A EMPRESA

A Empresa 1 é uma empresa nova que atua no ramo de pisos industriais e surgiu a partir da união de dois profissionais engenheiros civis com histórico no ramo, cada qual com sua própria empresa. Assim, a sociedade firmada a cerca de seis meses atrás tem focado seu mercado em pisos industriais brutos e em pisos especiais, sendo que os brutos são o “carro chefe” em volume de serviço.

Está localizada no município de Pato Branco – PR, sendo que sua atuação tem se concentrado na região sudoeste do Paraná e oeste de Santa Catarina, em um raio de aproximadamente 300 km, com obras de pequeno a grande porte.

Atualmente, possui em torno de 15 funcionários, sendo destes três em escritório e 12 fixos em obras, caracterizando a empresa como empresa de pequeno porte.

A escolha da Empresa 1 para o estudo de caso foi devida a sua área de atuação ser grande parte em processo construtivo padrão de rápida execução com uma equipe fixa, o que facilita a aplicação das ferramentas e sua eficácia. Também, contribuiu muito a acessibilidade à empresa, juntamente com o desejo e comprometimento da gerência em adotar os conceitos *Lean*, devido a total ausência de qualquer sistema de qualidade na mesma.

4.2.1 Processo produtivo - Pisos industriais

Os pisos industriais tiveram uma maior importância a partir dos anos 90, quando passaram a ser considerados como equipamento da indústria, ou seja, ele é o único que interage diretamente com todo o processo produtivo. A partir daí foram percebidos aspectos importantes nos pisos industriais, como a resistência, planicidade e integridade superficial; sendo assim, qualquer reparo que precise ser realizado interfere diretamente em toda a produção de uma indústria (RODRIGUES, 2007).

O tipo de piso industrial a ser empregado, depende da utilização e se leva em consideração também o terreno onde ele será executado; eles podem ser de concreto simples, com armadura distribuída; estruturalmente armados; reforçados com fibras ou protendidos. Os pisos industriais são constituídos de algumas camadas sobrepostas, as quais têm suas funções específicas, as quais são: subleito, sub-base, placa, revestimento e podem apresentar juntas, tratamentos superficiais e outros elementos também, como isolante térmico ou camada de ventilação (RODRIGUES, 2007).

Segundo Cristelli (2010) a ANAPRE (Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho) (2009) define pisos industriais como um elemento estrutural que tem a finalidade de resistir e distribuir os esforços verticais dos carregamentos ao subleito.

Cada camada tem uma função básica e, a interação do sistema todo é fator determinante para que o piso atenda os critérios para o qual foi projetado (CRISTELLI, 2010 E RODRIGUES, 2007):

- Subleito: Absorver as solicitações de cargas impostas ao pavimento; controlar o coeficiente de recalque;
- Sub-base: Eliminar a ocorrência de bombeamento de finos, uniformizar e aumentar a capacidade do suporte da fundação, evitar variações excessivas do subleito. As sub-bases basicamente são de dois tipos: as granulares e as estabilizadas com cimento.
- Lona Plástica: Impermeabilizar a superfície para evitar que a umidade ascenda às placas de concreto, garantir a livre movimentação das placas de concreto, garantir a hidratação do cimento.

- Placas de concreto: Absorver os carregamentos do piso e transferir para a fundação, servir de base para a aplicação do revestimento.
- Revestimentos e tratamentos superficiais: Dependendo da utilização do piso, acrescentam características importantes ao sistema; removem imperfeições nas placas, garantem à superfície do piso a resistência à abrasão.

4.2.2 Método utilizado pela Empresa

A empresa na qual o trabalho foi desenvolvido, apresenta uma instrução de trabalho para a execução dos pisos desenvolvidos por ela; sendo que nem sempre todas as etapas descritas abaixo são executadas, isso devido ao local onde será feito, tipo de piso e à exigência do cliente. Ela trabalha com a seguinte forma de execução (RODRIGUES, BOTACINI E GASPARETTO, 2006):

- Fundação do piso: a fundação do piso é formada pelo subleito e sub-base, cujos devem ser executados de forma a garantir que as camadas posteriormente executadas não possuam defeitos. O subleito é preparado de modo que seja respeitada a compactação exigida em projeto, que oscila entre 95% a 98% da energia do proctor normal; e esta deve ser monitorada para garantir sua qualidade. Vários são os quesitos que merecem atenção redobrada, como áreas próximas a edificações existentes, onde a compactação torna-se mais difícil, e áreas com necessidade de aterro, nas quais deve ser empregado material de qualidade, e preferencialmente originário de um único local. A sub-base é constituída por material granular (geralmente brita graduada), o qual é compactado com energia adequada e espessura compatível com a de projeto. Em seguida a sub-base é isolada por um filme plástico; no caso lona plástica de 100 micras; com a finalidade de isolar a sub-base das camadas superiores, reduzindo o atrito entre as mesmas e evitando a que a umidade consiga ascender para as camadas compostas de materiais para os quais esta seria extremamente prejudicial.
- Formas: As formas são geralmente empregadas em madeira, sendo que sua

altura deve ser ligeiramente maior que a altura do piso, ajudando em seu assentamento e nivelamento. É necessário que sejam estruturadas para resistirem à pressão oriunda do concreto e aos equipamentos utilizados para o adensamento, como réguas vibratórias.

- **Armaduras:** As malhas, treliças, barras de transferência e reforços devem ser colocadas de modo a seguir os espaçamentos definidos em projeto, sendo amarrados com arame recozido para que toda a armadura esteja fixa e não mude de posição durante a concretagem.
- **Concretagem:** O ambiente no qual a concretagem é feita tem grande influência em sua qualidade, pois ambientes protegidos da luz solar e de ventos, como barracões industriais, facilitam a cura do concreto, já ambientes a céu aberto exigem maior cuidado, para que a cura do concreto não seja afetada, prejudicando suas propriedades. Quando a forma de execução, a mesma é feita em toda a área simultaneamente, sendo nivelada por equipamentos a *laser*.
- **Acabamento superficial:** O acabamento superficial é uma etapa muito importante, pois além de fornecer o aspecto visual, tem influência na sua durabilidade, pois é a camada que tem contato direto com todos os carregamentos que o piso recebe. Para o acabamento, é imprescindível que a mão de obra empregada tenha treinamento adequado, pois é necessário possuir habilidade e técnica para operar os equipamentos que realizam o desempenho (*bull float* - desempenadeira metálica adaptada ao uso em pisos) e o polimento. No polimento, quando necessário, é empregada a aspersão de agregado de alta dureza, para que seja aumentada a resistência à abrasão, melhorando o desempenho do piso.
- **Corte das juntas:** O corte das juntas deve ser feito assim que o concreto obtiver resistência para ser serrado sem haver quebras, o que geralmente ocorre em torno de 10 a 15 horas do início da pega. Essa ação é devido a o concreto retrair-se mesmo com o emprego de uma cura eficiente, e caso não possua as juntas nesse período, tende a formar fissuras. Também se faz necessário um planejamento do corte das juntas, pois se os cortes forem feitos em uma longa faixa, dividindo a mesma ao meio, e posteriormente, subdividindo-a, tende a formar juntas de maior abertura, causando excessiva movimentação futuramente.

- Tratamento das juntas de superfície: O preenchimento das juntas é realizado com uma variedade de materiais, sendo estes subdivididos em materiais pré-moldados e moldados *in loco*. Os pré-moldados são constituídos geralmente de neoprene, sendo pouco utilizados em áreas industriais devido a exigirem muitos cuidados em sua aplicação. Já os moldados *in loco* são normalmente compostos por poliuretano, asfalto modificado e silicones, sendo que nos casos de pisos para tráfego de máquinas os mais indicados são os formados por polisulfetos, uretanos e epóxi bicomponente, mais utilizado devido a sua facilidade no manuseio e cura independente de condições ambientais. Como o concreto permanece se retraindo por muito tempo depois do início de sua cura, é indicado retardar a selagem das juntas o quanto for possível.

4.3 ESTUDO DE CASO

Dentro da Empresa 1, foi escolhida uma obra, cujo processo construtivo necessitava de um planejamento, separando a área total em etapas, pois esta se relaciona a execução de um piso industrial no barracão de uma indústria de compensados, no município de Palmas – PR, que não pode ter sua produção interrompida, impedindo a remoção de maquinário e trabalhadores do local.

Partindo da necessidade apresentada por esta obra, foram selecionadas dentre, as ferramentas indicadas para a classificação, que a empresa obteve duas ferramentas que contribuíssem para as melhorias com foco no *lean construction*, sendo as mesmas o arranjo físico e controle visual do processo, de fácil aplicação e implementação.

A área a ser executada localiza-se em um barracão existente, cujo piso encontra-se deteriorado devido ao tempo de utilização, que é de aproximadamente 15 anos, e também a movimentação de maquinário pesado, como carregadeiras e empilhadeiras. As Figuras 11, 12 e 13 mostram as condições em que o mesmo se encontrava.



Figura 11 – Defeitos do piso existente
Fonte: Autores (2013).



Figura 12 - Situação do piso existente e medição das dimensões do barracão
Fonte: Autores (2013).



Figura 13 – Estado inicial do piso do barracão existente
Fonte: Autores (2013).

A partir da primeira visita feita *in loco*, foram determinadas as ferramentas a serem aplicadas utilizando-se como base a classificação obtida pela empresa no modelo LCR; e como já foi citado anteriormente, são elas, arranjo físico e controle visual do processo. São ferramentas que ajudam na qualidade dos serviços e organização geral, já que um dos pontos apresentados pela empresa é a falta de organização com relação à execução dos pisos industriais; e neste caso como a indústria não pode parar sua produção foi necessário elaborar arranjos físicos para cada etapa de execução do piso, já que cada área executada deve permanecer sem utilização por pelo menos 21 dias. Em relação ao controle visual do processo, este será utilizado durante todas as etapas de execução a fim de melhorar a qualidade e o desempenho do piso juntamente com seu aspecto visual final, já que segundo a gerência, em obras anteriores houve falhas em diversas dessas etapas.

Inicialmente, para aplicação das ferramentas, foi aferida a metragem total do barracão (aproximadamente 3015m²) a qual foi utilizada para a elaboração dos *layouts* (arranjo físico) conforme as etapas de execução definidas juntamente com o gerente de

produção da indústria, que determinou a sequência de áreas a serem executadas que não prejudicariam a produção da indústria.

Em um primeiro momento, foi decidido acompanhar a primeira etapa a ser executada apenas observando os serviços, para assim coletar e identificar os dados necessários à implementação das ferramentas de forma a estas contemplarem as adversidades encontradas nessa obra, especificamente.

4.3.1 Primeira etapa ou etapa de observação

A seguir são descritas as etapas de execução e apresentados os *layouts* elaborados a partir da ferramenta arranjo físico, juntamente com elementos utilizados para a aplicação da ferramenta controle visual do processo, como os *check-lists* de materiais e serviços; fotos e demais resultados coletados a partir das observações em canteiro de obra, os quais serão detalhados em sequência.

A primeira etapa ou etapa de observação foi realizada em uma área de 327m², onde foi demarcada a área a ser executada, na qual não foi retirado o piso existente, pois o mesmo foi utilizado como base para o novo, sendo realizado o taqueamento da área (Figura 14); esse taqueamento é necessário para colocação de perfil U metálico, de forma a servir de mestra para a utilização da régua durante o nivelamento; como a base utilizada foi o piso existente, este taqueamento foi realizado fixando vergalhões de $\phi 8.0$ mm.



Figura 14 – Preparação da base e taqueamento da área a ser executada
Fonte: Autores (2013).

Foi acompanhado parte do processo de montagem do gabarito, colocação da lona e das armaduras, cujas malhas foram utilizadas duplas; sendo que o acompanhamento foi realizado para que fosse conhecido o processo construtivo aplicado pela empresa e a maneira de execução demonstrada pelos funcionários (Figura 15).



Figura 15 – Montagem das armaduras (1ª etapa)
Fonte: Autores (2013).

Também foi verificado o local no qual estava sendo alocados os materiais para averiguar se os mesmos se encontravam dispostos adequadamente e qual seria o melhor ponto para inserção no *layout* de maneira a facilitar o fluxo dentro do canteiro não atrapalhando o funcionamento da indústria (Figura 16).



Figura 16 – Local onde se encontravam dispostos alguns materiais
Fonte: Autores (2013).

Ao observar o local onde estavam alguns dos materiais utilizados, como as malhas de aço, notou-se que os mesmos estavam sujeitos a intempéries as quais são extremamente prejudiciais para seu desempenho. Assim, foi analisado o *layout* da indústria buscando um lugar apropriado para o armazenamento de materiais; sendo que após elaborado o *layout* das etapas, verificou-se que um compartimento livre de um barracão lateral poderia ser usado para esse fim, sendo este o único local disponível que não interferisse no fluxo de produção da indústria. O material é deslocado do local de armazenagem apenas no momento que é utilizado na área onde estará sendo executado o piso. A Figura 17 mostra o local onde foi alocado o material.



Figura 17 – Local de armazenamento do material
Fonte: Autores (2013).

Após, colocada toda a armadura foi procedida a concretagem, nivelamento e polimento do piso, cujos não puderam ser acompanhados devido a data não ter sido favorável para o mesmo. Assim que possível, foi realizada nova visita em canteiro para conferir o resultado final do piso executado realizando o controle visual do processo e coletando algumas informações importantes (Figura 18). O aspecto do piso acabado

ficou excelente, porém devido a fuligem expelida constantemente pelo maquinário da indústria este se apresenta coberto pela mesma.



Figura 18 – Piso da 1ª etapa concluído
Fonte: Autores (2013).

Foram observados em toda a etapa, que a montagem da ferragem levou em torno de 2 dias, sendo todo o processo do piso executada por 4 funcionários; a concretagem durou 1 dia, e o polimento 1 noite.

A partir das observações dos procedimentos adotados pela empresa e dos serviços executados pode-se coletar os dados necessários para a aplicação das ferramentas e para as melhorias a serem implementadas.

Para a ferramenta arranjo físico foram observados: a sequência e o tamanho das áreas a serem executadas, o fluxo de operários e máquinas dentro da indústria, o local de armazenamento dos materiais, e também, a melhor forma de deslocar os colaboradores e equipamentos como o caminhão betoneira utilizado durante a concretagem. O *layout* geral elaborado, no qual foram definidas as etapas de execução apresenta-se no Apêndice A, sendo que os específicos para cada etapa estão contidos nos Apêndices B,C e D.

Já para a ferramenta controle visual do processo foram observados: os materiais utilizados, os serviços executados, sendo que os pontos que requerem maior atenção, a maneira como os serviços devem ser realizados e seu aspecto final foram destacados a partir de relatos feitos pelo engenheiro responsável; os quais foram abordados para a montagem dos *check-lists* de materiais e serviços (Apêndice E e F) que serão utilizados nas demais etapas, para conferência. No de materiais são controlados a presença dos mesmos no canteiro (presente/ausente) e se a quantidade orçada confere, ou há algum material em falta (quantidade pedido/faltante). Para os serviços, foram determinados para cada etapa de execução se o mesmo é aplicável ou não com o processo construtivo aplicado para a obra (aplicável/não aplicável); e se estes estão em conformidade ou não com o controle visual esperado (conforme/não conforme).

Foi realizado também o controle do concreto utilizado, por meio de observação do tempo de concretagem em relação ao volume e aplicação do *slump* teste, este ensaio consiste em analisar a trabalhabilidade do concreto, sendo feito utilizando-se uma forma tronco-cônica (tronco de cone) no qual são inseridas três camadas de volume igual de concreto, sendo as mesmas adensadas com 25 golpes deferidos com bastão de aço cada; em seguida a forma é retirada lentamente, levantando-a verticalmente e medindo a altura da massa de concreto em relação ao topo da forma.

Em conversa com os funcionários, estes sugeriram que deveria ser melhorado o controle visual do polimento juntamente com um aumento do número de funcionários trabalhando a noite; essas informações foram repassadas para a gerência.

4.3.2 Segunda etapa

A segunda etapa foi realizada numa área de 130m², onde como já foi explicado, foram acompanhadas todas as fases de execução do piso.

Primeiramente foi realizada uma pequena reunião com os colaboradores e responsável pela produção da indústria, para a demonstração do *layout* elaborado pela ferramenta arranjo físico para a execução do piso. Esse *layout* já havia sido aprovado

pela gerência da empresa. A partir daí, juntamente com os colaboradores, foi demarcado o piso para iniciar a segunda etapa do processo.

A partir da ferramenta controle visual do processo foi realizado o *check-list* dos materiais e quantidades, conforme Tabela 3 abaixo.

Tabela 3 - *Check-list* materiais 2ª etapa

Materiais	Presente	Ausente	Qntd. Pedido	Faltante
Treliça TG-8L Gerdau 12m	X		17 und	
Barra transferência \varnothing 16mm	X		103 m	
Malha de tela dupla \varnothing 5.0mm 10x10cm (painel 2,45x6,00m)		X	24 und	4 und
Espaçador para malha h=3cm	X		380 und	
Tábua de compensado naval (h=15cm, e=20mm)	X		59 m	
Lençol de polietileno (lona plástica) 150 micras	X		140 m ²	
Concreto usinado fck=25MPa (h=18cm)	X		29 m ³	
Prego Gerdau 17x27 com cabeça simples	X		2 kg	
Cimento Portland CP-32 25 kg	X		2 sc	
Arame recozido \varnothing 1.25mm 18 BWG	X		1 kg	
Vergalhão CA-50 \varnothing 8.0mm	X		55m	

Fonte: Autores (2013).

De acordo com a Tabela 3, observa-se que todo o material orçado ainda não havia sido entregue (ausente), sendo utilizado o excedente que havia sido mantido em estoque caso houvesse falta.

Nessa etapa também não houve retirada do piso existente. Dessa forma, foi feito o taqueamento, as formas, colocadas lona e armaduras; conforme mostra Figura 19 e 20.



Figura 19 – Montagem das formas e montagem da armadura
Fonte: Autores (2013).



Figura 20 – Montagem da armadura da 2ª etapa do piso
Fonte: Autores (2013).

Após a montagem de toda a armadura, fez um *check-list* dos serviços executados

até o momento (Tabela 4) para saber se todos haviam sido realizados, e de forma correta.

Tabela 4 - Check-list de serviços 2ª etapa (item 1 ao 6)

Serviços	Aplicável	Não aplicável	Conforme	Não conforme
1. Demarcação da área	X		X	
2. Preparação da sub base		X		
2.1 Retirada de camada vegetal ou piso existente		X		
2.2 Compactação e nivelamento do terreno		X		
3. Taqueamento	X			
3.1 Locação dos alinhamentos para régua vibratória	X		X	
3.2 Fixação na base	X		X	
4. Formas	X			
4.1 Corte e conferência das tábuas	X		X	
4.2 Montagem e fixação	X		X	
4.3 Colocação do travamento	X		X	
4.4 Conferência do nivelamento e alinhamento	X			X
5. Colocação das camadas	X			
5.1 Camada de brita		X		
5.2 Camada de lona	X		X	
6. Armadura	X			
6.1 Montagem das malhas e observação do transpasse	X		X	
6.2 Colocação dos espaçadores	X		X	
6.3 Montagem das treliças	X		X	
6.4 Fixação das barras de transferência	X		X	
6.5 Aplicação de graxa nas barras de transferência	X		X	
6.6 Conferência da altura da armadura em relação a camada superficial	X			X
6.7 Montagem das malhas superiores (caso seja malha dupla)	X		X	

Fonte: Autores (2013).

Os serviços observados, na Tabela 4, que não se encontravam em conformidade, foram a conferência do nivelamento e alinhamento, pois as formas estavam com sua altura variando entre 16 e 22cm devido ao nível do piso existente ser irregular, para que assim estivesse nivelado, porém a pedido do cliente toda a área deveria ter a altura de 16cm acompanhando o nível do piso original; e a conferência da altura da armadura em relação a camada superficial, sendo que a armadura posicionada no entorno da forma

estava apenas 4cm da mesma, quando deveria estar a 6cm de forma a evitar fissuras e proteger a armadura. Foi relatado ao engenheiro responsável as não conformidades encontradas até a etapa, sendo tomadas as devidas providências para a correção.

A concretagem foi realizada uma semana após o início dos trabalhos nessa área. Devido à falta de disponibilidade, a mesma foi realizada sem a utilização de bomba, sendo o concreto espalhado com o auxílio de carrinhos de mão. Foi observado que haviam nove colaboradores trabalhando, sendo que um estava vibrando o concreto com um auxiliar, três estavam espalhando o concreto com carrinho de mão, dois espalhando por meio de pá e enxada e dois reguando o piso (Figura 21).



Figura 21 – Início da concretagem
Fonte: Autores (2013).

A concretagem procedeu com a utilização de dois caminhões, que se revezaram para despejar o concreto. Foram utilizados 29m³ cúbicos de concreto; com fck de 25 Mpa, a mesma foi realizada em faixas, sendo dividida em 4 etapas conforme cada caminhão, com intervalo de tempo entre elas para deslocamento dos mesmos (Figura 22, 23, 24 e 25).



Figura 22 – Primeira etapa de concretagem
Fonte: Autores (2013).



Figura 23 – Segunda etapa de concretagem
Fonte: Autores (2013).



Figura 24 – Terceira etapa de concretagem
Fonte: Autores (2013).



Figura 25 – Quarta etapa de concretagem
Fonte: Autores (2013).

Além dos *check-lists* de materiais e serviços, verificou-se também o *slump* do concreto dos dois últimos caminhões (Figura 26 e 27), o que também será acompanhado nas próximas concretagens, de modo que o *slump* ideal é entre 9cm e 12cm com tolerância até 12cm, pois se o traço tiver muita água atrasa o início do polimento devido a demora na secagem, podendo gerar fissuras posteriores e diminuição da resistência.



Figura 26 – Slump 3º caminhão
Fonte: Autores (2013).



Figura 27 – *Slump* 4º caminhão
Fonte: Autores (2013).

Foram cronometrados os tempos de concretagem de cada caminhão, sendo que os horários de início, término e a duração de cada um encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Controle da concretagem 2ª etapa

Caminhão	<i>Slump</i>	Volume	Chegada	Saída	Duração
1	-	8,5m ³	13:20	14:10	50min
2	-	8,5m ³	14:20	15:05	45min
3	12cm	8,5m ³	15:40	16:30	50min
4	10cm	3,5m ³	17:00	17:15	15min

Fonte: Autores (2013).

Conforme mostra a Tabela 5, a concretagem durou em torno de 4 horas, sendo que excluindo os intervalos entre cada caminhão, o tempo total foi de 2 horas e 40 minutos, assim com o volume total de concreto pode-se calcular a média de tempo utilizado para a concretagem por metro cúbico (m³), sendo este de aproximadamente 0,18 m³/min.

O polimento do piso foi realizado durante a noite, conforme mostra Figura 28 e 29. Para o mesmo, foram utilizadas desempenadeiras mecânicas, que por meio de grandes discos acoplados tem a função de compactar a superfície, realizando o desempenho fino do concreto que resulta na obtenção de uma superfície lisa e bastante dura.



Figura 28 – Polimento do piso 2ª etapa
Fonte: Autores (2013).



Figura 29 – Finalização do polimento do piso 2ª etapa
Fonte: Autores (2013).

Realizou-se o *check-list* conforme Tabela 6, relacionado aos cuidados durante a concretagem, sendo que todos os serviços contidos neste *check-list* foram rigorosamente cobrados.

Tabela 6 - *Check-list* de serviços 2ª etapa (item 7 ao 12)

Serviços	Aplicável	Não aplicável	Conforme	Não conforme
7. Concretagem	X			
7.1 Conferência do volume <i>in loco</i>	X		X	
7.2 Conferência do <i>slump</i>	X		X	
7.3 Retirada dos corpos de prova	X		X	
7.4 Fixação das guias em perfil U sobre o taqueamento	X		X	
7.5 Lançamento do concreto	X		X	
7.6 Adensamento do concreto	X		X	
7.7 Sarrafeamento	X		X	
7.8 Nivelamento com flotação		X		
7.9 Aspersão mineral		X		
8. Polimento	X		X	
9. Junta serrada	X		X	

Fonte: Autores (2013).

(continua)

(continuação)

Tabela 6 – *Check-list* de serviços 2ª etapa (item 7 ao 12)

10. Limpeza	X			X
11. Tratamento de juntas e superfície		X		
12. Cura	X		X	

Fonte: Autores (2013).

O aspecto final do piso foi verificado em uma visita realizada quatro dias após a concretagem. Segundo a Tabela 6, o mesmo foi considerado de boa qualidade visual, apenas com sua superfície coberta pela fuligem contida na indústria, dificultando sua limpeza (Figura 30). No entanto, não foram verificados outros aspectos relevantes à qualidade, como por exemplo, superfície plana e dureza.

Para efeito desse trabalho, o foco maior foi a melhoria dos processos, portanto observou-se apenas a qualidade visual final obtida.



Figura 30 – Piso da 2ª etapa concluído

Fonte: Autores (2013).

4.3.3 Terceira etapa

A terceira etapa compreendeu uma área de 200m². Inicialmente foi demarcada a área juntamente com os colaboradores, repassando a eles também todos os pontos que necessitaram um maior cuidado a partir do que foi observado e comentado nas etapas anteriores.

Devido a falta de material na 2ª etapa, foi realizada a conferência dos materiais utilizando o *check-list* (controle visual do processo) antes da demarcação da área (Tabela 7) no qual foi observado que no pedido feito pela indústria faltou uma quantidade de treliças, espaçadores e vergalhões CA-50 ø8.0mm; os quais foram relatados ao departamento de compras que providenciou a chegada dos mesmos até a data da montagem das armaduras. Assim, antes do início da montagem das formas foi feita uma nova conferência dos materiais (Tabela 8) para garantir que não houvesse atraso no prazo estipulado para a execução, pois devido a pouca disponibilidade de agenda na concreteira do município, necessitava-se que fosse agendado o concreto com antecedência de pelo menos três dias.

Tabela 7 - *Check-list* de materiais 3ª etapa (primeira conferência)

Materiais	Presente	Ausente	Qntd. Pedido	Faltante
Treliça TG-8L Gerdau 12m		X	23 und	17 und
Barra transferência ø 16mm	X		205 m	
Malha de tela dupla ø5.0mm 10x10cm (painel 2,45x6,00m)	X		25 und	
Espaçador para malha h=3cm		X	750 und	750 und
Tábua de compensado naval (h=15cm, e=20mm)	X		100 m	
Lençol de polietileno (lona plástica) 150 micras	X		336 m ²	
Concreto usinado fck=25MPa (h=15cm)			40 m ³	
Prego Gerdau 17x27 com cabeça simples	X		4 kg	
Cimento Portland CP-32	X		4 sc	
Arame recozido ø1.25mm 18 BWG	X		2 kg	
Vergalhão CA-50 ø8.0mm		X	97 m	97 m

Fonte: Autores (2013).

Tabela 8 - *Check-list* de materiais 3ª etapa

Materiais	Presente	Ausente	Qntd. Pedido	Faltante
Treliça TG-8L Gerdau 12m	X		23 und	
Barra transferência ø 16mm	X		205 m	
Malha de tela dupla ø5.0mm 10x10cm (painel 2,45x6,00m)	X		25 und	
Espaçador para malha h=3cm	X		750 und	
Tábua de compensado naval (h=15cm, e=20mm)	X		100 m	
Lençol de polietileno (lona plástica) 150 micras	X		336 m ²	
Concreto usinado fck=25MPa (h=15cm)	X		40 m ³	
Prego Gerdau 17x27 com cabeça simples	X		4 kg	
Cimento Portland CP-32	X		4 sc	
Arame recozido ø1.25mm 18 BWG	X		2 kg	
Vergalhão CA-50 ø8.0mm	X		97 m	

Fonte: Autores (2013).

Com a área demarcada, iniciou-se a montagem das formas (Figura 31) realizando um controle visual por meio do *check-list* de serviços para que não haja desconformidades que venham afetar os demais serviços a serem realizados.



Figura 31 – Montagem das formas 3ª etapa
Fonte: Autores (2013).

Durante a conferência, notou-se que o alinhamento não estava correto (Figura 32), e foram realizadas medições para que fossem determinadas as ações a serem aplicadas de modo a corrigir este problema, sendo os colaboradores orientados a darem maior atenção as questões de alinhamento e nivelamento para que durante as próximas etapas a serem executadas não ocorra este tipo de falha; pois para a planta de corte das juntas serradas (Apêndice G) elaborado durante a 2ª etapa é preciso atenção especial a esse controle para que ao final da execução da área total o aspecto do piso não fique desagradável visualmente.



Figura 32 – Conferência do nivelamento e alinhamento das formas
Fonte: Autores (2013).

Em uma segunda visita ao canteiro durante esta etapa, foram controlados os serviços relacionados a montagem da armadura (controle visual do processo), conforme Figura 33, que foi realizada num período de dois dias com sete colaboradores trabalhando. Abaixo se tem a Tabela 9 com o *check-list* de serviços realizados desde o início dessa etapa até a conclusão das armaduras.

Foram tomados cuidados com o alinhamento das armaduras, transpasse,

colocação dos espaçadores, fixação de treliça e barras de transferência; sendo estas engraxadas adequadamente (Figura 34).



Figura 33 – Montagem da armadura 3ª etapa
Fonte: Autores (2013).



Figura 34 – Colocação das barras de transferência
Fonte: Autores (2013).

Tabela 9 - *Check-list* de serviços (item 1 ao 6)

Serviços	Aplicável	Não aplicável	Conforme	Não conforme
1. Demarcação da área	X		X	
2. Preparação da sub base		X		
2.1 Retirada de camada vegetal ou piso existente		X		
2.2 Compactação e nivelamento do terreno		X		
3. Taqueamento	X			
3.1 Locação dos alinhamentos para régua vibratória	X		X	
3.2 Fixação na base	X		X	
4. Formas	X			
4.1 Corte e conferência das tábuas	X		X	
4.2 Montagem e fixação	X		X	
4.3 Colocação do travamento	X		X	
4.4 Conferência do nivelamento e alinhamento	X			X
5. Colocação das camadas	X			
5.1 Camada de brita		X		
5.2 Camada de lona	X		X	
6. Armadura	X			
6.1 Montagem das malhas e observação do transpasse	X		X	
6.2 Colocação dos espaçadores	X		X	
6.3 Montagem das treliças	X		X	
6.4 Fixação das barras de transferência	X		X	
6.5 Aplicação de graxa nas barras de transferência	X		X	
6.6 Conferência da altura da armadura em relação a camada superficial	X		X	
6.7 Montagem das malhas superiores (caso seja malha dupla)	X		X	

Fonte: Autores (2013).

Conforme mostra a Tabela 9, dos serviços verificados, o que não estava conforme foi o alinhamento das formas, devido a falhas na montagem do gabarito, as quais foram corrigidas após a conferência.

A concretagem ocorreu três dias após a demarcação da área, sendo que foram solicitados 34m³ de concreto. O método utilizado para concretagem foi o convencional, ou seja, sem a utilização de bomba, sendo espalhado manualmente, como foi explicado na 2ª etapa (Figura 35 e 36).



Figura 35 – Início da concretagem 3ª etapa
Fonte: Autores (2013).



Figura 36 – Concretagem 3ª etapa
Fonte: Autores (2013).

Da mesma forma, como na 2ª etapa, foi controlado o tempo de concretagem de cada caminhão juntamente com seu volume e respectivo *slump*, os quais serviram para comparação com os valores obtidos na concretagem anterior; estes estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Controle da concretagem 3ª etapa

Caminhão	Slump	Volume	Chegada	Saída	Duração
1	9cm	8,5m ³	13:10	14:10	60min
2	11cm	8,5m ³	14:15	15:20	65min
3	10cm	8,5m ³	15:35	16:30	55min
4	9cm	8,5m ³	16:40	17:40	60min

Fonte: Autores (2013).

A concretagem durou em torno de 4 horas e 30 minutos, sendo que excluindo os intervalos entre cada caminhão, o tempo total foi de 4 horas, dessa maneira, foi calculada a média de tempo para a concretagem por metro cúbico (m³), sendo esta de aproximadamente 0,14 m³/min. Concluiu-se assim, que a 3ª etapa demandou mais tempo para a concretagem do que a 2ª etapa; porém haviam menos colaboradores trabalhando, apenas seis nessa, sendo que haviam nove na outra. Dessa forma, pode-se concluir que haviam apenas 66,6% dos funcionários, os quais tiveram um índice de produtividade de 22,2% a menos, o que significa que pela quantidade de pessoas trabalhando, isso já era esperado.

Foi realizado o *check-list* de serviços durante a concretagem para realização do controle visual do processo; sendo este também aplicado nos demais serviços necessários à finalização do piso, apresentado na Tabela 11.

O polimento dessa etapa também foi realizado durante a noite, sendo este acompanhado apenas pelo responsável técnico da empresa, que fez a conferência dentro do *check-list*.

Tabela 11 - Check-list de serviços 3ª etapa (item 7 ao 12)

Serviços	Aplicável	Não aplicável	Conforme	Não conforme
7. Concretagem	X		X	
7.1 Conferência do volume <i>in loco</i>	X		X	
7.2 Conferência do <i>slump</i>	X		X	

Fonte: Autores (2013).

(continua)

(continuação)

Tabela 11 - *Check-list* de serviços 3ª etapa (item 7 ao 12)

7.3 Retirada dos corpos de prova	X		X
7.4 Fixação das guias em perfil U sobre o taqueamento	X		X
7.5 Lançamento do concreto	X		X
7.6 Adensamento do concreto	X		X
7.7 Sarrafeamento	X		X
7.8 Nivelamento com flotação		X	
7.9 Aspersão mineral		X	
8. Polimento	X		X
9. Junta serrada	X		X
10. Limpeza	X		X
11. Tratamento de juntas e superfície		X	
12. Cura	X		X

Fonte: Autores (2013).

Como na 2ª etapa, os colaboradores foram alertados sobre os serviços que apresentaram inconformidades, houve maior atenção aos mesmos, fazendo com que não houvesse nenhum serviço em desacordo com o que foi previamente estabelecido.

4.3.4 Demais etapas

As demais etapas não poderão ser acompanhadas, devido ao tempo que se leva para a execução total do piso; os *layouts* foram elaborados visando o tempo necessário também; já que a cura total do piso leva em torno de 28 dias. Para que a empresa continue seu serviço, a indústria tem que liberar os espaços; só que esta só pode fazê-lo após os prazos de cura, para que possa deslocar seu maquinário para a parte do piso já executado, não atrapalhando assim o funcionamento da mesma, sem alterar sua produção.

5. CONCLUSÃO

A questão que este trabalho buscou responder foi a seguinte: “quais as ferramentas *Lean* que são aplicáveis às empresas construtoras, classificadas no *Rapid Lean Construction-Quality Rating Model* (LCR)?”. A partir dessa classificação, escolheu-se uma das empresas e duas ferramentas, as quais foram implantadas na mesma. Assim, o objetivo geral buscado foi de identificar ferramentas *Lean* adequadas às empresas construtoras classificadas no modelo LCR e as implantar em uma das empresas, buscando-se denotar benefícios e melhorias.

A partir do modelo LCR apresentado e das empresas avaliadas, como se pôde observar pela classificação contida dentro dos resultados e discussões; notou-se que todas elas têm o conceito de qualidade e foco no cliente bem difundido. As Empresas 1 e 2 foram as que tiveram um pior desempenho, considerando que a Empresa 1 não possui nenhum sistema de gestão de qualidade, e a Empresa 2 apresenta em desenvolvimento a questão de qualidade; enquanto as demais já têm um maior conhecimento e avanço neste quesito. Sendo que todas elas ficaram classificadas entre o nível CCC e BB.

Nota-se também uma grande preocupação na maioria das empresas com relação ao foco no cliente e na melhoria contínua; mas grande parte deixa a desejar em aspectos como o desperdício de materiais e tempo, o qual em grande parte dos canteiros é bem evidente; e também na organização, planejamento e no fluxo de informações.

Conforme referencial teórico, foram indicadas as ferramentas adequadas à classificação de cada empresa, e acredita-se que caso as mesmas venham a fazer uso destas, obterão melhorias nos pontos que apresentaram maior déficit. Assim, havendo a combinação de sistemas de gestão da qualidade e ferramentas *Lean*, os resultados que poderão ser alcançados, tornam as empresas mais produtivas e com benefícios nas ações relacionadas à desperdícios, qualidade, lucro e competitividade.

Foi escolhida a Empresa 1, para o estudo de caso, pelo motivo de a mesma trabalhar com obras que possuem processo construtivo padrão, de rápida execução, com equipe fixa de funcionários, favorecendo assim a implantação de duas das ferramentas apontadas pelo modelo LCR.

Para a aplicação das ferramentas foi decidido acompanhar todo o procedimento realizado para a execução da primeira área/etapa do piso, para que fossem averiguados quais os pontos que cada ferramenta poderia suprir, como apresentado nos resultados e discussões.

A ferramenta arranjo físico, no qual foram elaborados os *layouts*, foi seguido em todas as etapas acompanhadas, sendo que houve grande aceitação por parte dos colaboradores, pelo responsável técnico da obra e pelo gerente de produção da indústria, de tal forma que será utilizado durante as próximas etapas, e também utilizado pela empresa em demais obras que venha a executar. Em conversa com colaboradores e responsável técnico, foi denotado que houve diminuição no tempo de deslocamento de materiais e pessoas dentro do canteiro, com aumento de organização; pois foi relatado que em diversas obras anteriores, havia uma dificuldade em começar a locação da obra, distribuir os materiais dentro do canteiro e no fluxo de pessoal. Desse modo, apesar de simples, trouxe inúmeros benefícios, agilizando os processos dentro do canteiro.

Já para a ferramenta controle visual do processo, foram elaborados *check-lists* utilizados durante todas as etapas acompanhadas. O *check-list* de materiais foi utilizado para a conferência da quantidade necessária a cada área executada, mostrando sua importância em não permitir que houvesse atraso nos processos devido a falta de algum material; houve detecção de falta de materiais por falha do setor de compras da indústria, que ficou responsável por realizar os pedidos, e pelos colaboradores não terem o hábito de realizar a conferência antes do início dos serviços, porém não foi afetado o andamento da obra devido a haver um estoque sobressalente para o caso de haver algum imprevisto. Assim, com o uso do *check-list* para conferência, o estoque sobressalente pode ser eliminado, o que evita que haja desperdícios de materiais ao final da obra.

O *check-list* de serviços foi empregado durante todo o processo construtivo de cada etapa, sendo verificados quais serviços eram aplicáveis ou não ao método utilizado para a obra em específico, e se os mesmos eram executados em conformidade ou não com o aspecto desejado pelo responsável técnico da obra. O responsável técnico foi questionado sobre quais pontos necessitavam de maior atenção, os quais foram repassados aos colaboradores e verificados várias vezes, para garantir que fossem corretamente executados. No início, observou-se que não houve muita aceitação no

canteiro desses cuidados, sendo que ocorreram erros que careceram de correção; após os retrabalhos, com a supervisão realizada sobre eles frequentemente, a equipe passou a tomar mais cuidado e aceitar melhor a utilização da ferramenta, fazendo com que o controle visual da 2ª para a 3ª etapa teve melhorias perceptíveis, como, por exemplo, no nivelamento do piso e na montagem das armaduras.

Ficou evidente que proporcionando autonomia aos colaboradores, ou seja, passando a eles a responsabilidade sobre a conferência de materiais e serviços, estes acabam desempenhando melhor suas funções, pois assim ficam encarregados sobre toda a qualidade dos processos, ainda sobre a supervisão do responsável técnico para que este confira se realmente tem sido cumprido o que é proposto pela ferramenta.

A empresa sentiu-se satisfeita com a aplicação do modelo LCR e das ferramentas por ele indicadas em canteiro de obra, pois a mesma vem pensando em implantar programas de gestão da qualidade para melhorar seu desempenho. Lembrando que a aplicação das ferramentas melhorou apenas os processos, e não qualidade final do piso; o que seria interessante se estas ferramentas fossem aplicadas juntamente com outras relacionadas à qualidade final do produto; isso poderia proporcionar um maior ganho a empresa. Com esse trabalho, a empresa teve uma experiência agradável, que a incentivou a continuar com as ações propostas e desenvolvidas, pois proporcionou a percepção clara de melhora nos processos e serviços, a partir de duas ferramentas simples, que visam a organização e a melhoria contínua.

A aplicação das ferramentas *Lean* em canteiros de obra apresenta-se como uma solução à falta de estratégias que melhorem os processos, os prazos e desperdícios gerados. Pode-se observar *in loco* que as condições de trabalho, tanto de operários quanto organização do canteiro de obra, estão distantes de serem consideradas ideais, pois além da falta de treinamento dos colaboradores, há uma ausência de planejamento de ações que minimizem as falhas e melhorem a qualidade dos processos.

REFERÊNCIAS

ALVES, Thaís. **Diretrizes para gestão dos fluxos Físicos em Canteiros de obra: proposta baseada em estudo de caso**. 2000. 139 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

BARROS, Mércia M. B. **O desafio da implantação de inovações tecnológicas no Sistema produtivo das Empresas Construtoras**. In: Seminário Tecnologia e Gestão na produção de Edifícios Vedações verticais. São Paulo, 1998.

BRASIL, IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2093>. Acesso em: jun. 2012.

CRISTELLI, Rafael. **Pavimentos Industriais de concreto – Análise do sistema construtivo**. 2010. 161 f. Monografia – Especialização em Construção Civil. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte. 2010.

COELHO, Clara B. T. **Antecipações gerenciais para a inserção de atividades facilitadoras na execução de alvenaria de tijolos cerâmicos: análise dos relatos de agentes do processo**. 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2009.

CORREIA, Bruno M. **Estudo sobre a implantação de sistema kanban em obras de construção civil de pequeno porte**. 2007. 68 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação). Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2007.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean simplificada**. Tradução: Rosalia Angelita Neumann Garcia. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FILHO, Adalicio B. F. **Aplicação de melhorias baseadas na construção enxuta: materiais, equipamentos e métodos construtivos inovadores em um canteiro de obras em Aracaju**. 2009. 71 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2009.

FILHO, Manassés C. **As ferramentas de qualidade no processo produtivo com enfoque no processo enxuto**. 2011. 59 f. Monografia de Especialização. MBA em Gestão da manutenção, produção e negócios, Instituto Superior De Tecnologia. Conselheiro Lafaiete, 2011.

FORMOSO, Carlos T. **Lean Construction: Princípios básicos e exemplos**. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em: <<http://noriegec.cpgec.ufrgs.br/norie>>. Acesso em: abr. 2012.

GHINATO, Paulo. **Produção e Competitividade: Aplicação e Inovações**. Tradução: Adiel Almeida e Fernando Souza. Recife: UFPE, 2000.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª ed. São Paulo: Atlas S.A., 1996.

GONÇALVES, Wilma K. F. **Utilização de técnicas Lean e Just in Time na gestão de empreendimentos e obras**. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2009.

HOWELL, George. **What is Lean Construction**. In: Annual Conference of the International group for Lean Construction, 7, 1999. Berkeley. Proceedings. California, University of California, 1999.

HOFACKER, A.alexander; OLIVEIRA, B. F.; GEHBAUER, F.; FREITAS, M. C. D.; MENDES JÚNIOR, R.; SANTOS, A.; KIRSCH, J. **Rapid lean construction-quality rating model (LCR)**. In: 16th International Group for Lean Construction conference. Manchester, IGLC, 2008.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report , Finlândia, set.1992.

KUREK, Juliana. **Introdução dos princípios da filosofia de Construção Enxuta no processo de produção em uma construtora em Passo Fundo-RS**. 2005. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2005.

LYRA DA SILVA, Rodrigo R. **Construção predial Lean: mapeamento da cadeia de**

valor das estruturas metálicas. 2005. 189 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

MACEDO, Roberto F. **Análise de viabilidade dos processos construtivos (gesso projetado e emboço) a partir da aplicação dos conceitos da nova filosofia de construção.** 2004. 74 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil. Universidade Salvador. Salvador, 2004.

MELLO, Luiz Carlos B. B.; AMORIM, Sérgio Roberto L. **O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos.** Produção, v. 19, n. 2, p. 388-399, 2009.

MESSEGUER, Álvaro G. **Controle e garantia da qualidade na construção.** São Paulo: Sinduscon, 1991.

MOLINA, Juan F.G. - **Contribuição da Informatização no Sistema Kanban: Critérios e Exemplos de Implementação.** 1995. 162 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.

MIYAKE, Dario I. **Melhorando o processo: Seis Sigma e Sistema de Produção Lean.** In ROTONDARO et al. **Seis Sigma** – Estratégia Gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

MOURA, Reinaldo A. **Kanban: A Simplicidade do Controle da Produção.** São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenamento de Materiais, IMAN, 2007.

NUNES, Iara J. D. **Aplicação de ferramentas Lean no planejamento de obras.** 2010. 97 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010.

OLIVEIRA, Bruno F.; FREITAS, M. C. D.; HOFACKER, A.; GEHBAUER, F.; MENDES JÚNIOR, R. **Um modelo de avaliação do grau de aplicação de Ferramentas Lean em empresas construtoras: o rapid Lean construction-quality rating Model (LCR).** Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial, Florianópolis, SC, v. 2, n. 2, p. 156-174. dez. 2010.

OLIVEIRA, Damasia G. S. **Uma metodologia de avaliação de concretagens de lajes prediais na ótica da construção Lean.** 2007. 147 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

PICCHI, Flávio Augusto. **Oportunidades de aplicação do Lean Thinking na construção.** Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 3, n. 1, p 7-23, jan./mar. 2003.

PINTO, João. **Lean Thinking - Glossário de termos e acrônimos.** Disponível em:<http://www.leanthinkingcommunity.org/livros_recursos/ct_glossario_leanthinking.pdf>. Acesso em: out. 2008.

PISKE, Felipe B. **A influência do arranjo físico nos desperdícios de uma fábrica de máquinas para implementos agrícolas.** 2008. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação). Engenharia Mecânica. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

REIS, Thatiana. **Aplicação da Mentalidade Enxuta no fluxo de negócios da construção civil a partir do Mapeamento do fluxo de valor: Estudos de Caso.** 2004. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

RODRIGUES, Públio P. F. Pavimentos de Concreto. Pisos Industriais: conceitos e execução. **Revista Concreto & Construção.** São Paulo. n. 45, p. 24 a 31, 2007.

RODRIGUES, Públio P. F.; BOTACINI, S. M.; GASPARETTO, W. E. **Manual Gerdau de Pisos Industriais.** São Paulo: Pini, 2006.

ROMANEL, Fabiano B. **Jogo “desafiando a produção”: uma estratégia para a disseminação dos conceitos da construção enxuta entre operários da construção civil.** 2009. 155 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

ROTHER, Mike; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar.** Traduzido por José Roberto Ferro e Telma Rodriguez. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

WIGINESCKI, Beatriz B. **Aplicação dos princípios da construção enxuta em obras pequenas e de curto prazo: um estudo de caso.** 2009. 155 f. Dissertação (Mestrado) –

Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

WOMACK, James P. **The challenge of value stream management**. In: LEAN ENTERPRISE INSTITUTE VALUE STREAM MANAGEMENT CONFERENCE, 2000, Dearborn, MI. **Proceedings...** Dearborn, MI: Lean Enterprise Institute, 2000.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Tradução: Ivo Korytowski. 11ª ed. São Paulo: Campus, 1992.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. Tradução de Daniel Grassi. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

APÊNDICE A – *Layout* Geral de Execução - Etapas

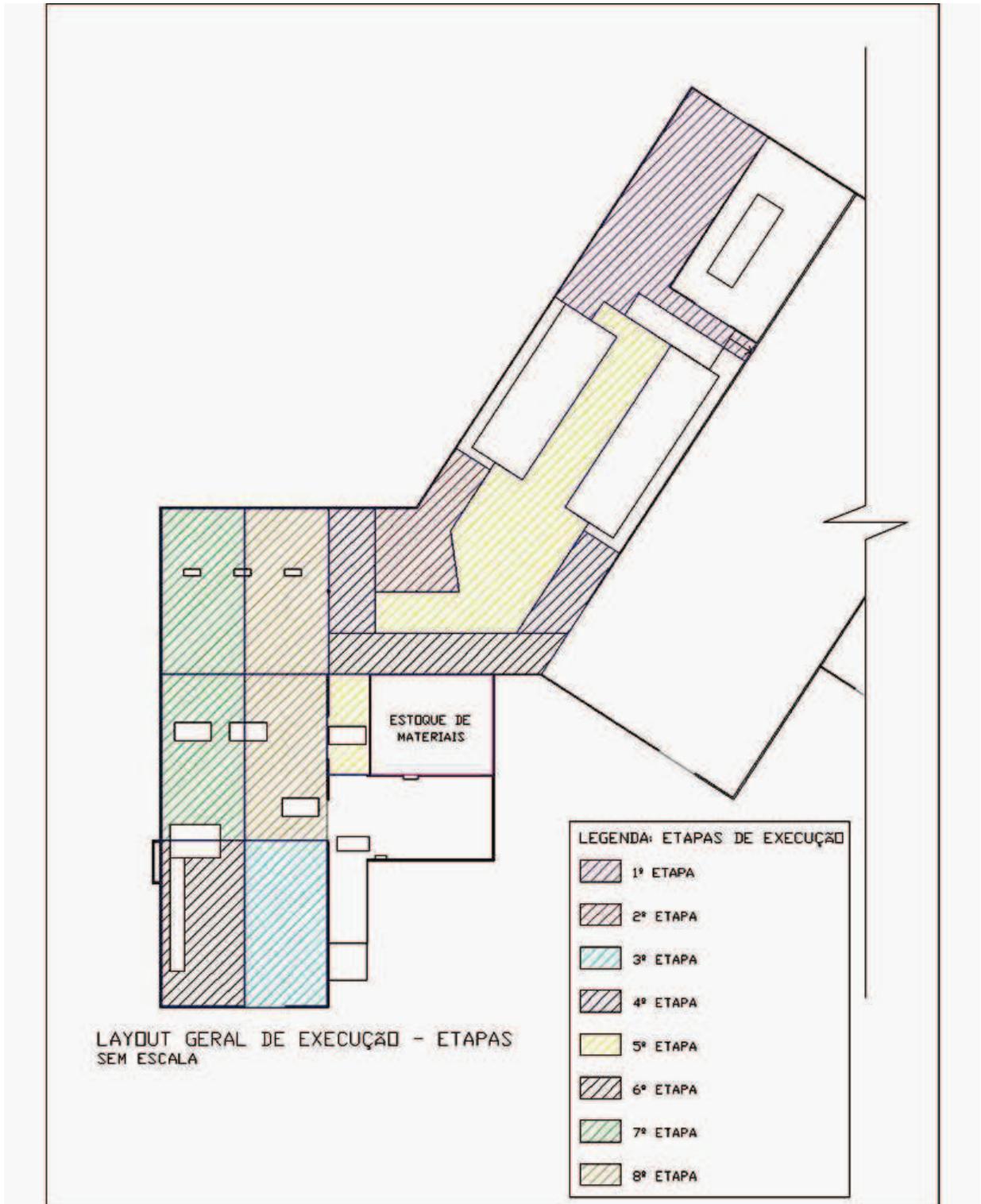


Figura 37 – Layout geral de execução – etapas
Fonte: Autores (2013).

APÊNDICE B – *Layout* 1ª Etapa de Execução

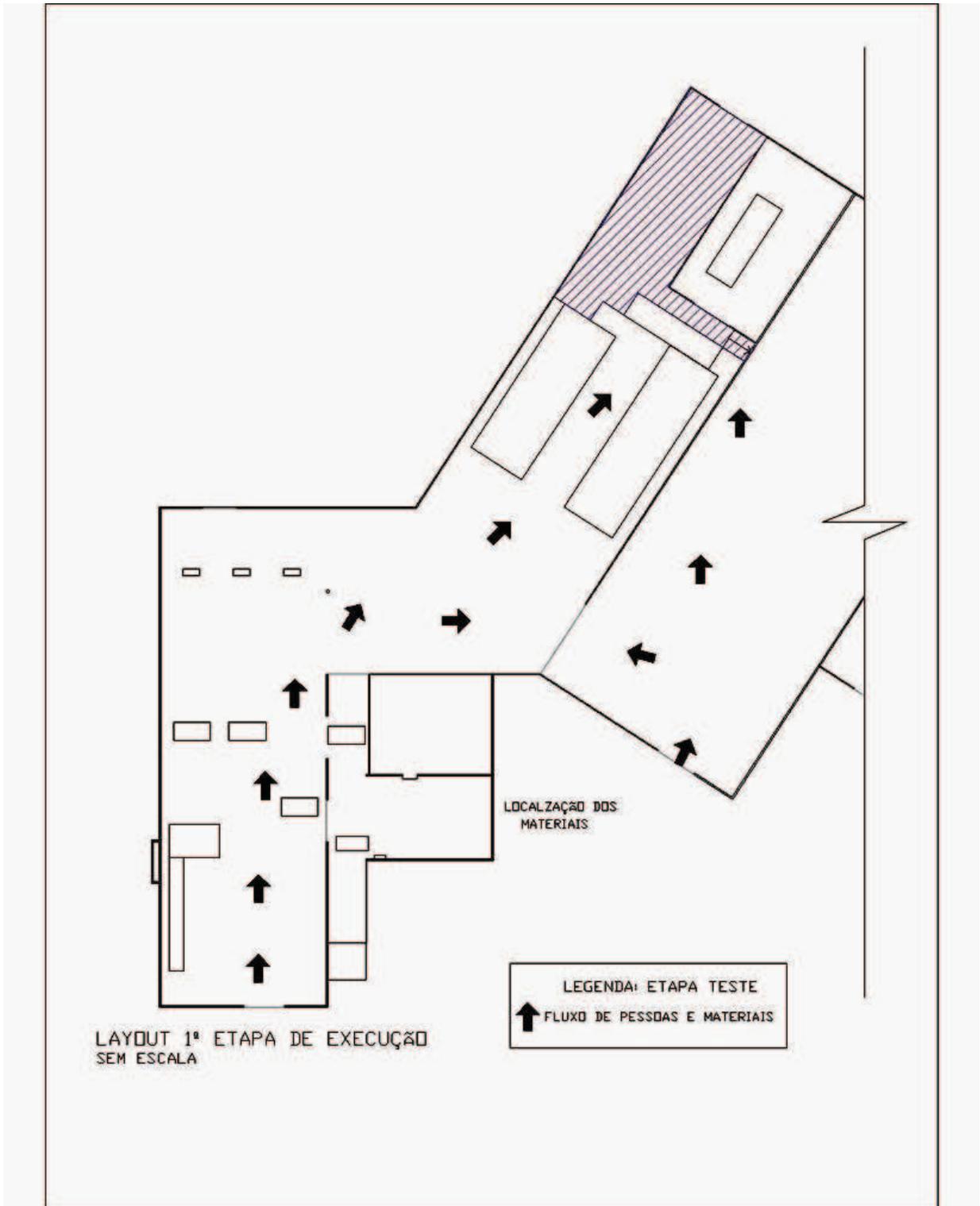


Figura 38 – Layout 1ª etapa de execução
Fonte: Autores (2013).

APÊNDICE C – *Layout* 2ª Etapa de Execução

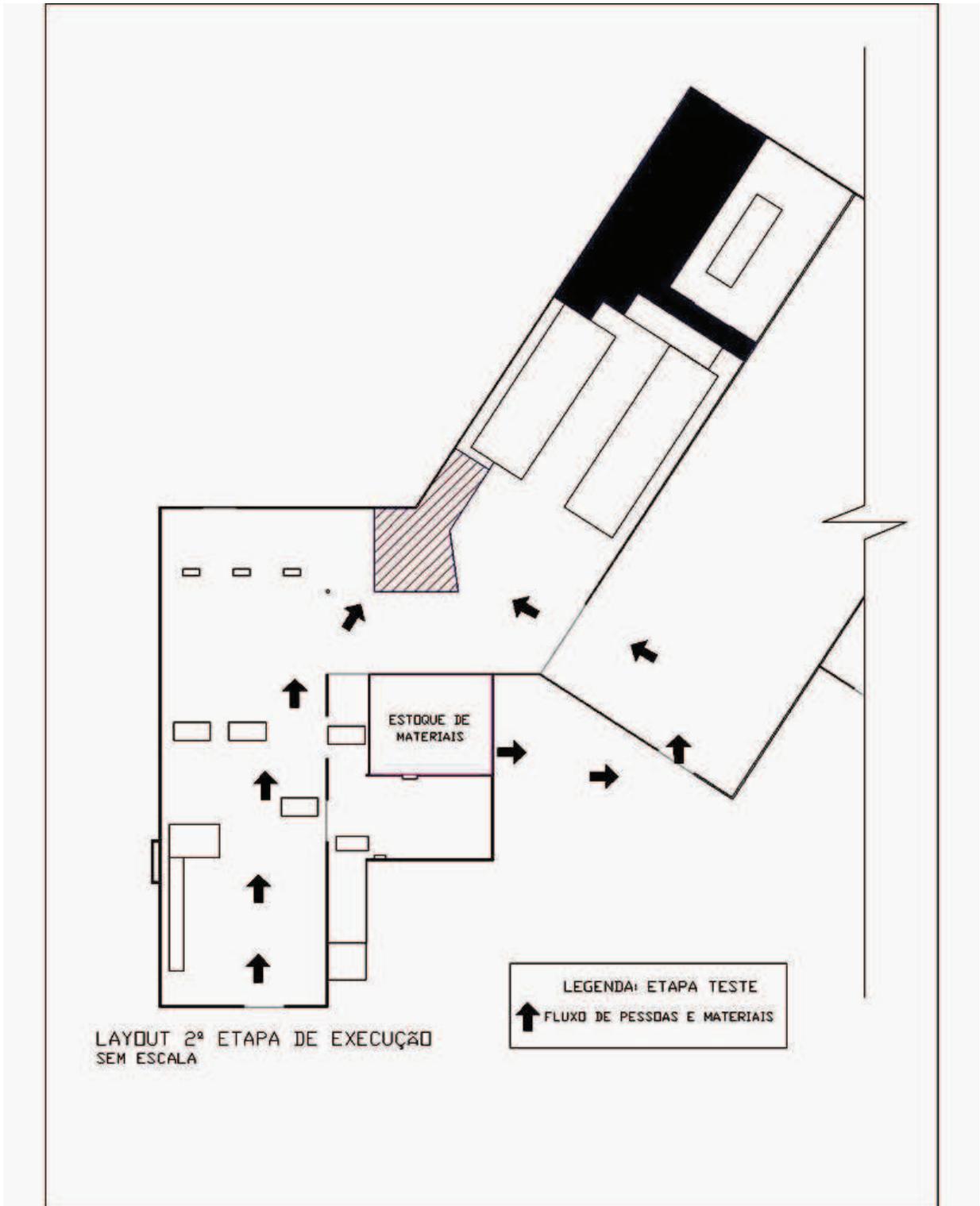


Figura 39 – Layout 2ª etapa de execução
Fonte: Autores (2013).

APÊNDICE D – *Layout* 3ª Etapa de Execução

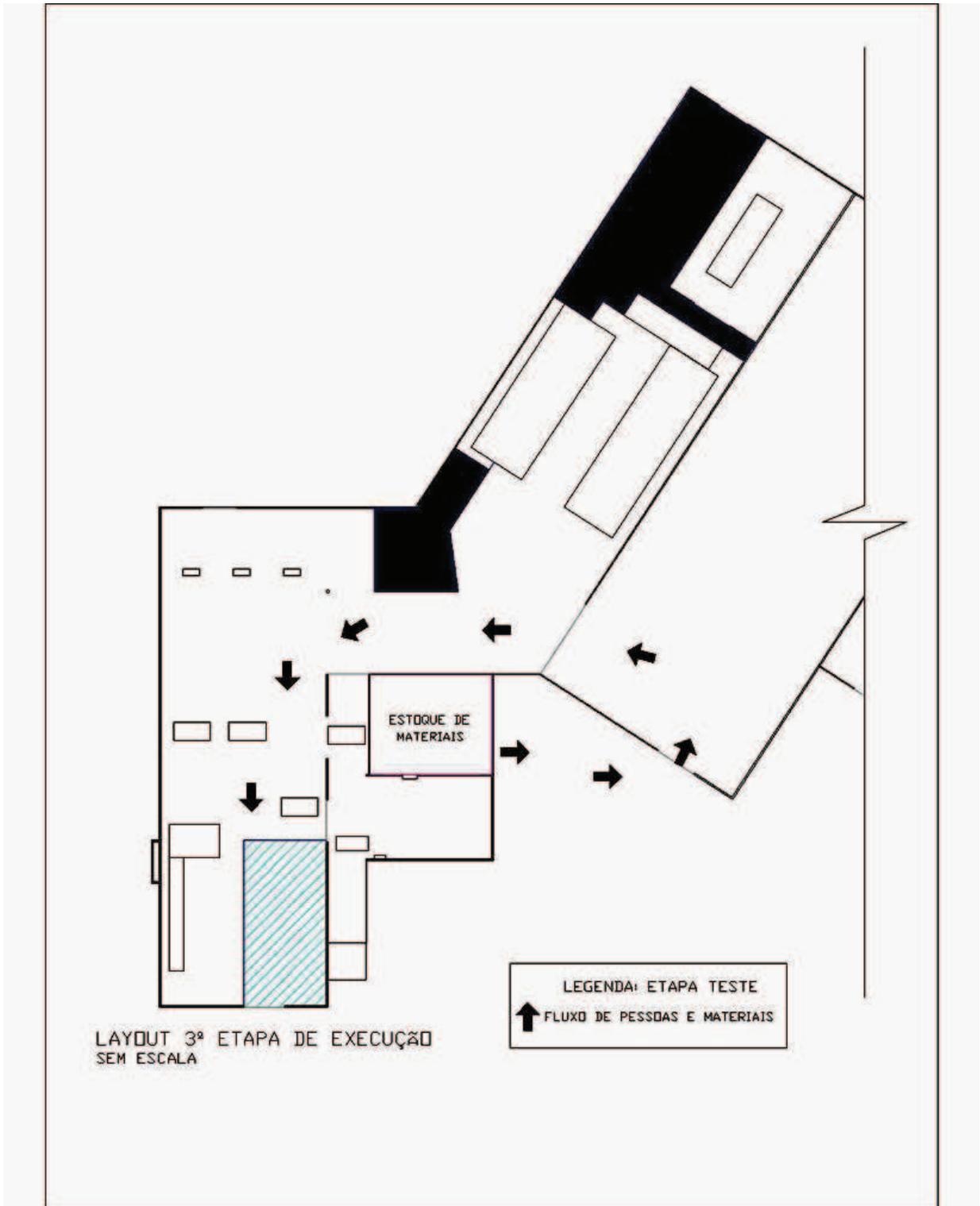


Figura 40 – Layout 3ª etapa de execução
Fonte: Autores (2013).

APÊNDICE E – *Check-list* de Materiais

Tabela 12 - *Check-list* de materiais

Materiais	Presente	Ausente	Qntd. Pedido	Faltante
Treliça TG-8L Gerdau 12m				
Barra transferência \varnothing 16mm				
Malha de tela dupla \varnothing 5.0mm 10x10cm (painel 2,45x6,00m)				
Espaçador para malha h=3cm				
Tábua de compensado naval (h=15cm, e=20mm)				
Lençol de polietileno (lona plástica) 150 micras				
Concreto usinado fck=25MPa (h=18cm)				
Prego Gerdau 17x27 com cabeça simples				
Cimento Portland CP-32 25 kg				
Arame recozido \varnothing 1.25mm 18 BWG				
Vergalhão CA-50 \varnothing 8.0mm				

Fonte: Autores (2013).

APÊNDICE F – *Check-list* de Serviços

Tabela 13 - *Check-list* de Serviços

Serviços	Aplicável	Não aplicável	Conforme	Não conforme
1. Demarcação da área				
2. Preparação da sub base				
2.1 Retirada de camada vegetal ou piso existente				
2.2 Compactação e nivelamento do terreno				
3. Taqueamento				
3.1 Locação dos alinhamentos para régua vibratória				
3.2 Fixação na base				
4. Formas				
4.1 Corte e conferência das tábuas				
4.2 Montagem e fixação				
4.3 Colocação do travamento				
4.4 Conferência do nivelamento e alinhamento				
5. Colocação das camadas				
5.1 Camada de brita				
5.2 Camada de lona				
6. Armadura				
6.1 Montagem das malhas e observação do transpasse				
6.2 Colocação dos espaçadores				
6.3 Montagem das treliças				
6.4 Fixação das barras de transferência				
6.5 Aplicação de graxa nas barras de transferência				
6.6 Conferência da altura da armadura em relação a camada superficial				
6.7 Montagem das malhas superiores (caso seja malha dupla)				
7. Concretagem				
7.1 Conferência do volume <i>in loco</i>				
7.2 Conferência do <i>slump</i>				
7.3 Retirada dos corpos de prova				
7.4 Fixação das guias em perfil U sobre o taqueamento				
7.5 Lançamento do concreto				
7.6 Adensamento do concreto				
7.7 Sarrafeamento				
7.8 Nivelamento com flotação				
7.9 Aspersão mineral				

Fonte: Autores (2013).

(continua)

(continuação)

Tabela 13 – *Check-list* de Serviços

Serviços	Aplicável	Não aplicável	Conforme	Não conforme
8. Polimento				
9. Junta serrada				
10. Limpeza				
11. Tratamento de juntas e superfície				
12. Cura				

Fonte: Autores (2013).

APÊNDICE G – Planta de Corte das Juntas Serradas

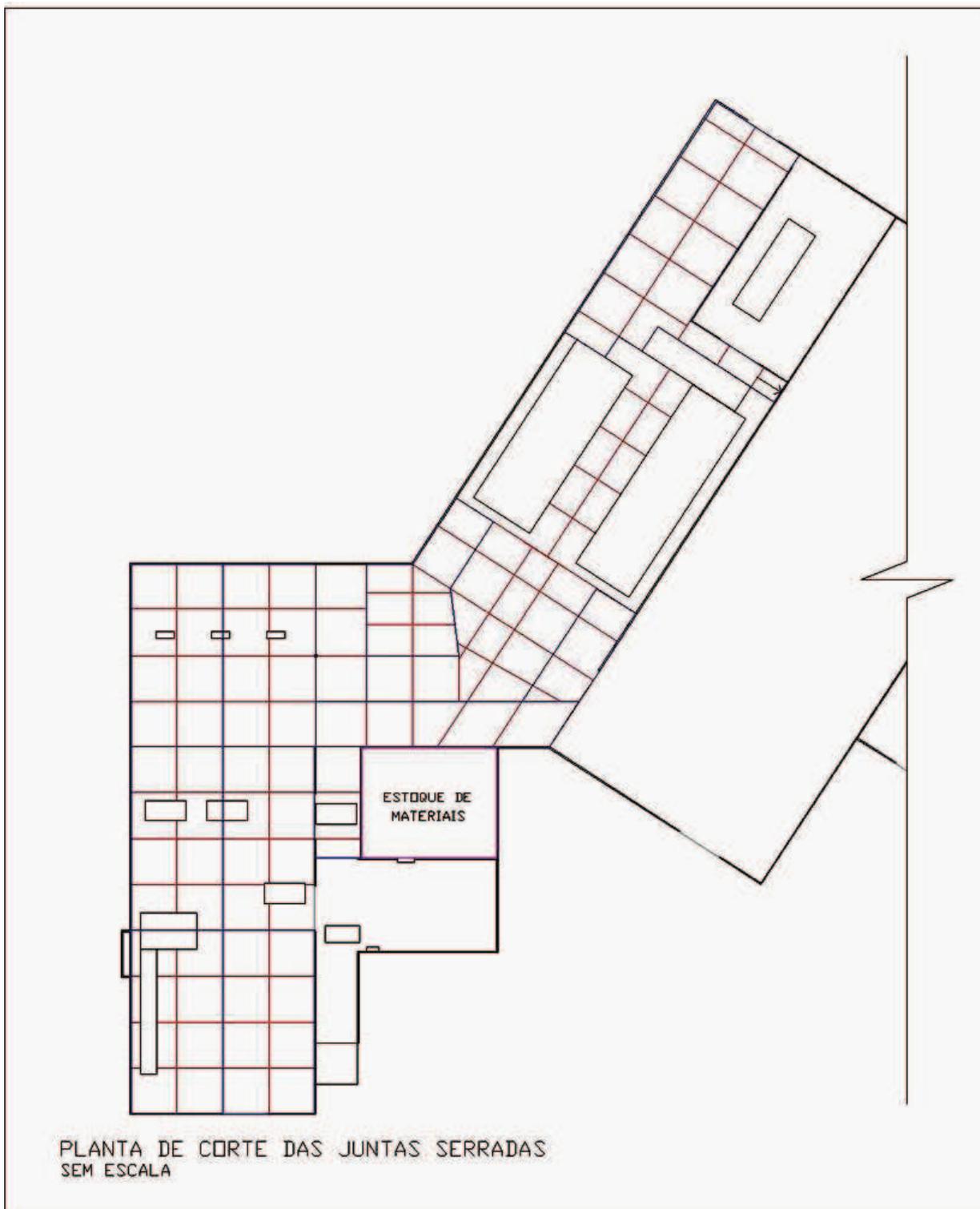


Figura 41 – Planta de corte das juntas serradas
Fonte: Autores (2013).