

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

TAÍME DA CRUZ OROSKI

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MODELO *LEAN CONSTRUCTION* EM
CANTEIROS DE OBRAS RODOVIÁRIAS: ESTUDO DE CAMPO EM TRECHO DA
BR 158**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2017

TAÍME DA CRUZ OROSKI

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MODELO *LEAN CONSTRUCTION* EM
CANTEIROS DE OBRAS RODOVIÁRIAS: ESTUDO DE CAMPO EM TRECHO DA
BR 158**

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. Dr. José Ilo Pereira Filho

PATO BRANCO
2017



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MODELO *LEAN CONSTRUCTION* EM CANTEIROS DE OBRAS RODOVIÁRIAS: ESTUDO DE CAMPO EM TRECHO DA BR 158

TAÍME DA CRUZ OROSKI

No dia 21 de novembro de 2017, às 16h30min, na sala J10 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 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 – UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº32-TCC/2017.

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ ILO PEREIRA FILHO (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Msc. DANILO RINALDI BISCONSINI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Msc. JAIRO TROMBETTA (DACOC/UTFPR-PB)

AGRADECIMENTOS

Desde o nascimento até a morte, o ser humano depende de outras pessoas. Nada consegue conquistar lutando sozinho. Dedico este espaço, portanto, a sinceros agradecimentos.

Agradeço primeiramente a meus pais, por serem minha base, desde sempre, e me guiarem pelos caminhos da vida. Sem seu apoio, seus conselhos e seus abraços, certamente não estaria onde estou hoje e, muito menos, com o caráter que desenvolvi tendo ambos como modelo. Muito obrigada, dona Márcia, pelos inúmeros minutos ao telefone me ouvindo chorar ou lamentar durante a graduação. Muito obrigada, seu Edmundo, pelos conselhos e pelas vezes que me estendeu a mão fazendo com que continuasse seguindo meus objetivos.

Devo agradecer, também, do fundo do coração a meu irmão, Gustavo, que mesmo de longe e, por vezes, distante, sempre me deu seus conselhos de irmão mais velho. Perdi as contas de quantas vezes suas mensagens e ligações de telefone fizeram com que eu repensasse tudo aquilo que me passava pela cabeça.

Não posso deixar de agradecer a minha companheirinha, Fofinha, que sempre demonstrou ser fiel e me deu muitas alegrias com suas lambidas. *[In memoriam]*

Nesses cinco anos de graduação, tive amigos maravilhosos com os quais caminhei junto e que, com certeza, têm sua parcela de contribuição naquilo que me tornei. Portanto, agradeço a Camila Kalinski, minha colega de apartamento por cerca de quatro dos cinco anos que passei na universidade, pela paciência e companheirismo em todos os momentos desse tempo. A Amanda Folmann e Karoline Manente, agradeço por serem amigas com as quais também sempre pude contar, independente da ocasião. A Karoline Kramer, quem iniciou seus estudos comigo, mas que depois foi buscar seu sonho e nem assim distanciou-se de mim, estando sempre disposta a conversar sobre o que fosse preciso, sendo sempre uma grande amiga. E a todos os colegas com quem compartilhei glórias e derrotas.

A meu namorado, Haridasa Carvalho, companheiro de horas de cerveja e de estudo e que, sobretudo, se mostrou um grande amigo, mesmo nas horas mais difíceis, agradeço por tudo.

A meu orientador, Professor Dr. José Ilo Pereira Filho, com quem trabalhei não apenas durante a elaboração do presente trabalho, mas também em minha Iniciação Científica, e que esteve sempre presente com seu auxílio e apoio.

Aos membros da banca examinadora desse trabalho, Danilo Rinaldi Bisconsini e Jairo Trombetta, pela disponibilidade e pelas valiosas contribuições para este trabalho.

Por fim, deixo meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que estiveram, de alguma forma, junto comigo nessa caminhada. Houveram muitas quedas, mas muito mais força para continuar.

RESUMO

A construção civil é um setor fundamental no dia-a-dia da sociedade, uma vez que produz, entre outros, moradias e infraestrutura. No entanto, seu desenvolvimento técnico e tecnológico acontece com uma intensidade muito menor do que aquela que é vista em outros setores do mercado. Resultado disso é uma baixa na produtividade de seus serviços e o comprometimento da qualidade de seus produtos. Uma das áreas de atuação da engenharia civil que se destaca é aquela relacionada ao modal rodoviário. Uma vez que tanto a movimentação de pessoas quanto o transporte de cargas ainda é feito, em sua maioria, por meio das rodovias, é importante que as obras rodoviárias sejam desenvolvidas com qualidade, segurança e eficiência. Para tanto, a organização e a logística nos canteiros desse tipo de obras são fundamentais. Mas existem pelo menos dois fatores de dificuldade para isso: as obras rodoviárias apresentam longa duração e seus canteiros possuem traçados que tornam complicada a realização dos serviços. Nesse sentido, a adoção de modelos de gestão pode ser bastante benéfica, visto que trazem práticas e comportamentos mais organizados. Assim, este trabalho tem como foco o emprego do modelo de gestão denominado *Lean Construction* que busca uma produção com menores desperdícios, seja de material, seja de tempo ou quaisquer outras formas de perda. Por meio do estudo de campo na obra da BR 158, trecho entre Palmital (PR) e Laranjeiras do Sul (PR), foram observadas atividades e identificados princípios enxutos já adotados no canteiro. Posteriormente, foram sugeridas melhorias enxutas para essas atividades, sempre visando a adoção de mais conceitos *Lean*. E, por fim, foi avaliada a viabilidade do emprego da mentalidade enxuta de maneira formal nesse tipo de obra. Foi detectado um grande potencial, visto que muitos dos princípios enxutos foram identificados nas atividades mesmo que de maneira não intencional. No entanto, para a adoção plena do modelo de gestão, uma difusão dos conhecimentos relativos ao tema é necessária, pois assim todos os envolvidos podem pensar em aplicar os conceitos propriamente ditos e potencializar as melhorias no processo produtivo.

Palavras chave: *Lean Construction*, obras rodoviárias, canteiros de obras rodoviárias.

ABSTRACT

Civil construction is a fundamental sector in society's daily life, once it produces, among other things, housing and infrastructure. However, its technical and technological development happens at a much lower intensity than that seen in other sectors of the market. The result of this is a decrease in the productivity of its services and the compromise of its products quality. One of the civil engineering areas that stands out is that related to the modal road. Since both the movement of people and the transportation of cargoes are still done mostly through highways, it is important to develop road works with quality, safety and efficiency. For that, the organization and the logistics in the sites of this type of works are fundamental. But there are at least two factors of difficulty for this: the road works have a long duration and their sites have layouts that make services accomplishment complicated. In this sense, the adoption of management models can be very beneficial, since they bring more organized practices and behaviors. Thus, this work focuses on the use of the management model called Lean Construction that seeks a production with less waste, be it material, of time or any other form of loss. By the field study in the BR 158 works, part between Palmital (PR) and Laranjeiras do Sul (PR), activities were observed and lean principles already adopted at the site were identified. Posteriorly, lean improvements were suggested for these activities, always aiming to adopt more ideas from the management model. And, finally, the viability of the lean mentality use in a formal way in this type of work was evaluated. A great potential was detected, since many of the lean principles were identified in the activities even if in an unintentional way. However, for the full adoption of the management model, a diffusion of the knowledge related to the topic is necessary, because in this case all those involved can think in apply the concepts themselves and potentiate the improvements in the productive process.

Key-words: Lean Construction, road works, sites of road works.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1: Classificação dos canteiros de obra	14
Figura 1: A produção como um processo de fluxo	17
Figura 2: Cadeia de Suprimentos.....	18
Figura 3: Diagrama “Casa do STP”	23
Figura 4: Etapas da pesquisa.....	32
Figura 5: Detalhes da obra selecionada.....	34
Figura 6: Trecho da BR 158 que recebe intervenção entre Palmital (PR) e Laranjeiras do Sul (PR).....	35
Figura 7: Trecho entre a usina de concreto asfáltico e o canteiro de obras.....	35
Figura 8: Trecho em que a reciclagem do pavimento com adição de cimento Portland estava sendo executada (pintura de imprimação).....	38
Figura 9: Trecho em que a reciclagem do pavimento com adição de cimento Portland estava sendo executada (compactação final do pavimento).....	38
Figura 10: Usina de concreto asfáltico	40
Figura 11: Distância entre ponto inicial do trecho pavimentado (Palmital – PR) e a usina de concreto asfáltico (Laranjeiras do Sul – PR).....	41
Figura 12: Estocagem de material na usina de concreto asfáltico	44
Figura 13: Reservatórios dosadores da usina de concreto asfáltico	44
Quadro 2: Quadro resumo dos conceitos <i>Lean</i> identificados e sugeridos em cada atividade da obra visitada.....	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVO GERAL	12
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.3	JUSTIFICATIVA.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	CANTEIRO DE OBRAS RODOVIÁRIAS	14
2.2	OS SETE TIPOS DE PERDAS.....	15
2.3	PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
2.4	LOGÍSTICA.....	17
2.5	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	20
2.5.1	Princípios e Conceitos	21
2.6	<i>LEAN PRODUCTION</i> E <i>LEAN THINKING</i>	24
2.7	<i>LEAN CONSTRUCTION</i>	26
2.7.1	Princípios da <i>Lean Construction</i>	27
3	METODOLOGIA	31
3.1	MÉTODO DE PESQUISA.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1	A OBRA	34
4.2	ESTUDO DE CAMPO.....	36
5	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é um dos setores mais importantes para a sociedade, uma vez que atua em várias áreas necessárias para a vida das pessoas. Construir moradias e obras de infraestrutura estão entre as várias atuações da engenharia civil. Apesar disso, enquanto outros setores desenvolvem-se e melhoram sua organização a cada dia, a construção civil o faz em um ritmo muito menos acelerado. Isso, pelo menos em partes, faz com que sua produtividade acabe sendo prejudicada e a qualidade de seus produtos comprometida (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2000; SAURIN; FORMOSO, 2006).

Uma das áreas relevantes da construção civil está relacionada ao modal rodoviário, o qual tem a maior porcentagem de atuação na movimentação de pessoas e de cargas no Brasil, correspondendo, sua atuação, a cerca de 60% na movimentação de cargas e a cerca de 95% na movimentação de passageiros. Além disso, a frota de veículos têm crescido muito mais rápido do que o número de rodovias pavimentadas no país. Isto fica evidente quando se verifica que a frota de veículos brasileira, nos últimos 10 anos, cresceu cerca de 110% enquanto as rodovias federais cresceram cerca de 11%, apenas (CNT, 2016).

O intenso uso das rodovias tanto para escoamento de bens quanto para movimentação de passageiros traz à tona a importância de construí-las com qualidade e para que proporcionem segurança aos usuários. Uma vez que obras rodoviárias apresentam particularidades e são de longa duração, se faz necessário que seus canteiros de obras sejam bem planejados e as atividades neles desenvolvidas sejam bem controladas para que a qualidade e a segurança possam ser alcançadas. Quando a rodovia apresenta essas características e, somado a isso, o processo de sua construção foi realizado reduzindo-se os desperdícios, é provável que ocorra uma redução nos custos de transporte (CNT, 2016; FREITAS, 2015).

No subsetor de obras rodoviárias se destaca, portanto, a dificuldade em fazer com que as atividades do canteiro de obras se desenvolvam de modo mais satisfatório. As obras rodoviárias apresentam canteiros de obras classificados como longos e estreitos, conforme classificação de Illingworth (1993). Nesse tipo de canteiro, a mão-de-obra e os materiais utilizados para desenvolver as atividades entram no local de trabalho por meio de poucos acessos, os quais, além de tudo, são

distantes entre si. Em partes, são essas características que proporcionam a dificuldade supracitada.

Obras rodoviárias apresentam, como já citado, longa duração e muitas peculiaridades. Logo, um melhor desenvolvimento das atividades em seus canteiros de obras pode ser atingido por meio de uma organização bem realizada e seguida por todos os envolvidos no processo. Para isso, é possível o emprego de modelos de gestão e suas filosofias.

O conceito de gerir, a partir de uma perspectiva tradicional, é modelar e ordenar, ou seja, fazer a gestão de alguma atividade significa fazer com que ela siga um método de desenvolvimento. Os modelos de gestão, portanto, são conjuntos de recomendações utilizados para reger as atividades envolvidas na realização de algum serviço. Existem inúmeros modelos e filosofias de gestão, cada um com suas particularidades, mas todos compartilham do objetivo de reger atividades fazendo-as acontecer da melhor forma (FERREIRA et al., 2009).

Na década de 1950 os engenheiros japoneses Taiichi Ohno e Eiji Toyoda começaram a desenvolver na Toyota um modelo de gestão que visava, sobretudo, a redução de desperdícios e o acréscimo de valor ao produto final. O modelo foi sendo desenvolvido dentro das plantas industriais da Toyota e foi aprimorado a cada novo problema percebido pelos empregados da empresa. Primeiramente, esse modelo de gestão foi usado na indústria automobilística, mas com o passar dos anos as demais indústrias, interessadas nos benefícios que poderia lhes trazer, passaram a implantá-lo em seus empreendimentos. Por muito tempo empregou-se o chamado 'Modelo Toyota' apenas na indústria de manufatura e, assim, o emprego de modelos como esse no setor da prestação de serviço demorou para acontecer (LIKER, 2007).

A adoção de modelos de gestão na construção civil ainda é pouco comum – apesar de já ser antiga a tentativa de fazê-lo –, até mesmo porque moldar os modelos criados em indústrias de manufatura para serem usados nos canteiros de obras é algo complexo e que exige que as adaptações feitas para possibilitar esse emprego sejam realizadas sem esquecer dos atributos do setor. Menos comum ainda é sua adoção em obras rodoviárias, fato este que se reflete na escassa bibliografia existente a respeito do assunto (BALLARD; HOWELL, 1997; FREITAS, 2015).

O termo *Lean Production*, originado a partir do Modelo Toyota, foi utilizado pela primeira vez por Womack et al. (1992) e significa, nada mais, que a implantação dos princípios adotados na Toyota em outros ramos da manufatura. Desse conceito,

originou-se um terceiro: *Lean Construction*. A descrição e a adaptação da nova filosofia de produção para a construção civil são expostas nos trabalhos de Koskela (1992) e Bertelsen e Koskela (2004), que relatam como o pensamento *Lean* e os princípios do modelo se inserem e atuam na construção civil. Finalmente, este conceito está relacionado com o foco de pesquisa deste trabalho, cujo objetivo é analisar qual a influência da adoção de conceitos *Lean* em canteiros de obras rodoviárias, visando os benefícios quanto a produtividade e qualidade dos produtos finais.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a aplicação do modelo *Lean Construction* em canteiros de obras rodoviárias.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar conceitos de *Lean Construction* que já são adotados em canteiros de obras rodoviárias.
- Propor práticas para as atividades de obras rodoviárias visando torná-las mais enxutas.
- Avaliar a viabilidade da adoção do modelo de produção enxuta no setor da construção rodoviária.

1.3 JUSTIFICATIVA

É comum ouvir dizer que o setor da construção civil é um setor atrasado. Esta situação faz com que hajam esforços para desenvolvê-lo técnica e tecnologicamente, mas sua evolução ainda anda a passos curtos. A ocorrência de alguns problemas, tais como atraso tecnológico, falta ou ineficiência de planejamento e costumes enraizados na engenharia civil é que podem trazer baixa qualidade a alguns de seus produtos e baixa produtividade a muitos de seus processos (SAURIN; FORMOSO, 2006).

A construção civil trabalha com projetos e execução de obras de vários segmentos, tais como edifícios, pontes, residências, rodovias, saneamento, entre

outros. Em todos eles ainda ocorrem problemas com a qualidade de processos e de produto final, como já citado anteriormente. Em especial nas obras rodoviárias é possível perceber falhas de planejamento e no método de execução das atividades (FORMOSO, 2001 apud SILVA, 2012, p.10).

Os canteiros de obras rodoviárias são classificados por Illingworth (1993) como longos e estreitos, pois são restritos em uma direção e o acesso ao canteiro é feito por meio de pontos específicos, ou seja, são canteiros que se estendem linearmente por vários metros, mas que, apesar disso, para entrada e saída de recursos do mesmo são utilizados poucos pontos de acesso. Devido a essas características, o fluxo nesse tipo de canteiro é intenso, já que as atividades e os recursos acabam competindo por espaço dentro da área de trabalho. Desse modo, o planejamento e a logística podem auxiliar no melhor desempenho nas execuções de obras rodoviárias.

Aplicar métodos de gestão para influenciar diretamente no planejamento e na produção dos canteiros de obras rodoviárias pode ser uma forma de incrementar tanto processo quanto produto, uma vez que assim, vários problemas de organização e execução das atividades podem ser previstos e soluções pensadas previamente. Assim, a aplicação do conceito *Lean* a esse tipo de canteiro pode contribuir para melhores resultados, tanto em se tratando de qualidade de produto quanto de ambiente de trabalho.

O diagnóstico relativo aos conceitos *Lean* já conhecidos e aplicados em obras rodoviárias e também a proposta de implantação daqueles ainda não utilizados é o que proporciona a originalidade desse trabalho. Existem muitos esforços de aplicação desse método de gestão em canteiros de obras de edifícios, mas em obras rodoviárias ainda é pouco comum seu emprego (BALDIM, 2011).

Os dados empregados para diagnóstico e proposta de modelo *Lean* para obras rodoviárias serão obtidos em obra-exemplo, junto a profissionais atuantes nesse tipo de obra e também nas poucas bibliografias já existentes a respeito desse tema. Isto é o que torna o presente trabalho viável.

Reduzir desperdícios na construção civil significa muito mais do que aumentar a qualidade dos serviços oferecidos por esse setor. Espera-se, portanto, que este trabalho possa contribuir tanto para a adoção de conceitos do modelo *Lean* na execução de obras rodoviárias quanto para o entendimento de que modelos de gestão como esse podem trazer muitos ganhos para a construção civil e também para a população.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CANTEIRO DE OBRAS RODOVIÁRIAS

Segundo a NB-1367 (1991), canteiros de obras podem ser definidos como “áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência”, sendo que as primeiras estão ligadas fundamentalmente à execução da obra e as segundas, às necessidades básicas dos empregados.

Diferente do que acontece em obras de residências ou edifícios, nas obras rodoviárias, as atividades da construção se repetem ao longo da via, caracterizando, portanto, um processo linear. De certo modo, é possível dizer que o canteiro de obras se desloca enquanto a obra é executada (RAMOS, 2011).

Sob esse prisma, os canteiros de obras rodoviárias tem características peculiares que os tornam classificados como longos e estreitos, conforme classificação de Illingworth (1993) apresentada no Quadro 1 a seguir.

Tipo	Descrição
1. Canteiro Aberto	O que tem que ser construído ocupa apenas uma porção do canteiro. Existe amplo acesso e muito espaço disponível para estocagem de materiais e acomodações.
Exemplos	Conjuntos habitacionais, empreendimentos industriais e muitos projetos de engenharia civil.
2. Longo e estreito	Muito restrito na largura - comprimento considerável. Acesso por poucos pontos.
Exemplos	Trabalhos ferroviários, autoestradas e gasodutos.
3. Restrito	A nova construção ocupa toda ou uma porcentagem muito alta do canteiro. Acesso restrito.
Exemplos	Reformas centrais, melhorias ou adições industriais e algumas obras ferroviárias ou rodoviárias.

Cada um desses tipos tem influência no planejamento da construção para o que quer que seja necessário construir.

Quadro 1: Classificação dos canteiros de obra
Fonte: Adaptado de Illingworth (1993).

Uma das particularidades desse tipo de canteiro de obras é o fato de o acesso de materiais e mão-de-obra ser realizado por poucos pontos, como podemos observar no Quadro 1. Outro ponto relevante apontado por Illingworth (1993) é que as

características de cada tipo de canteiro de obras influencia totalmente no planejamento da construção do que deve ser construído.

Desse modo, conhecer as particularidades de cada tipo de canteiro de obras é o passo inicial para o planejamento das atividades dentro de qualquer canteiro.

2.2 OS SETE TIPOS DE PERDAS

Em qualquer atividade produtiva ocorrem perdas, mesmo que indesejadas. Para que seja possível estudar suas causas e eliminar sua ocorrência, antes de mais nada, é necessário entender quais são as formas em que essas perdas podem se manifestar. Para Hines e Rich (1997) há pelo menos sete tipos de perda, os quais são enumerados a seguir.

a) Superprodução: é a perda mais séria, segundo os autores, pois afeta a fluidez do trabalho e dos bens. Devido a superprodução, os defeitos podem ser notados tardiamente, os produtos podem se deteriorar antes mesmo de chegarem ao consumidor e pode ser gerada uma pressão de trabalho desnecessária, isto é, os trabalhadores podem ser pressionados a trabalhar intensamente, mesmo que não seja necessário.

b) Espera: é a perda que resulta do mau uso do tempo e afeta tanto os trabalhadores quanto os produtos e os consumidores.

c) Transporte: é o tipo de perda que envolve, logicamente, a movimentação dos produtos ao longo do processo de produção. Essa perda pode, além de tudo, resultar em danos aos produtos.

d) Processamento inapropriado: é a quarta perda citada pelos autores e se dá quando há, por exemplo, uma máquina extremamente complexa para efetuar um processo que poderia ser feito por máquinas mais simples ou, também, quando o maquinário é utilizado sem o emprego simultâneo de recursos como *poka-yoke* (mecanismos de parada de produção quando da detecção de falhas) e/ou *jidoka* (autonomação, mecanismos que dão ao operário certo grau de liberdade para que atue em mais de um maquinário em momentos concomitantes).

e) Estoque desnecessário: é o tipo de perda que se relaciona com a detecção tardia de defeitos e conseqüente falha na eliminação das causas destes.

Trata-se tanto de estoques de matéria-prima quanto de produtos finalizados. Além disso, pode gerar custos desnecessários para armazenamento.

f) Movimentação desnecessária: está ligada diretamente aos funcionários, diferente do que ocorre na perda de transporte. Movimentos desnecessários do pessoal na linha de produção podem causar baixas de produtividade e, além disso, baixa qualidade nos produtos.

g) Defeitos: são a última maneira de manifestação de perdas citada pelos autores. Naturalmente, defeitos são perdas de valor diretas. Mas é importante lembrar que na filosofia Toyota os defeitos devem ser visto como oportunidades imediatas de *kaizen* (melhoria contínua), ou seja, devem estimular a prevenção e correção de falhas de produção constantemente.

Vale salientar que esses tipos de perdas não são os únicos e que todos estão, de certa forma, interligados. Por exemplo, as movimentações desnecessárias dos funcionários podem acarretar baixas de produtividade e essas, por sua vez, causar defeitos nos produtos.

Por isso, é de suma importância que se entenda e identifique todo tipo de perda e as relações que tem com as demais a fim de que se busque eliminá-las.

2.3 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

No setor da engenharia civil, o conceito de perdas é associado, na maioria das vezes, aos desperdícios de materiais que ocorrem nas obras. No entanto, Formoso et al. (1997) propõem que esse conceito seja olhado a partir de uma perspectiva mais ampla.

As perdas, segundo os autores, também estão relacionadas a mão-de-obra, equipamentos e recursos financeiros mal utilizados. Logo, as perdas na engenharia civil vão além de desperdícios de material. Por exemplo, o tempo que se espera até que um material chegue no canteiro de obras pode ser considerado uma perda.

Em seu trabalho, Koskela (1992) define que os processos de produção – e analisa a construção desse viés – podem ser vistos como tendo dois tipos de atividade: atividades de fluxo e atividades de conversão.

Para o autor, as atividades de conversão, em essência, é que adicionam valor aos produtos, enquanto que as atividades de fluxo não o fazem, apesar de importantes

para a produção. Uma representação desses dois tipos de atividades pode ser vista no esquema da Figura 1 a seguir.

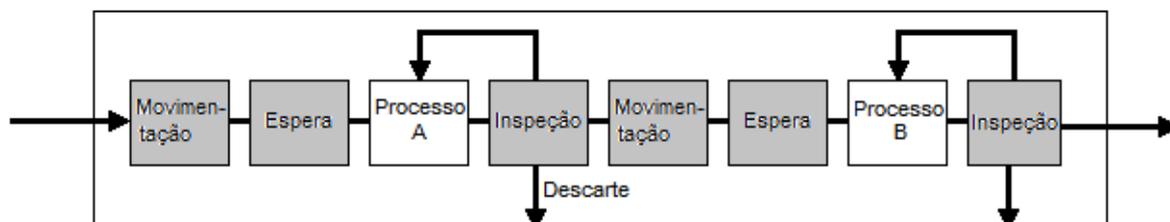


Figura 1: A produção como um processo de fluxo
Fonte: Adaptado de Koskela (1992).

Na Figura 1, os itens com hachura representam aqueles que não acrescentam valor ao produto final do processo, enquanto que aqueles sem hachura o fazem. Logo, é possível perceber que em um chamado processo de fluxo, poucas são as atividades que realmente agregam valor ao produto final.

Em resumo, as perdas da construção civil, estando relacionadas a vários aspectos da construção devem ser analisadas e, se possível, eliminadas para que o produto final, seja ele uma edificação ou qualquer outro produto do setor, tenha mais qualidade e mais valor para os clientes (FORMOSO et al., 1997; KOSKELA, 1992).

Mas o que é valor? Este conceito será abordado adiante, no presente trabalho.

2.4 LOGÍSTICA

Nenhum ser humano é capaz de produzir tudo aquilo de que necessita. Isso, desde os tempos mais antigos, resulta no fato de que certas necessidades humanas são supridas com produtos ou serviços produzidos ou executados em lugares diferentes daqueles onde a necessidade existe. Mas para que isso ocorra todas as etapas que envolvem o suprimento dessas necessidades devem ser bem organizadas e coordenadas a fim de que o objetivo final seja atendido (BALLOU, 2007).

Logística é, segundo Vieira (2006), um termo que tem origem na organização de exércitos para guerras. Nesses casos, a logística tinha como objetivo o planejamento militar, ou seja, tinha a finalidade de organizar todas as atividades dos exércitos, desde o conhecimento do adversário, seus pontos fortes e fracos, até as

estratégias de ataque, passando pela programação dos suprimentos e deslocamento das tropas.

Tal conceito surge no campo industrial e empresarial, portanto, com o papel de proporcionar aos processos de produção a organização e a coordenação necessárias ao atingimento dos objetivos. Segundo Ballou (2007), a logística consiste na sistematização de um conjunto de atividades que se envolvem na transformação de matéria-prima em produtos acabados cujo objetivo é suprir necessidades e superar expectativas de usuários finais.

Todo processo de produção tem como propósito preencher as necessidades de clientes. A logística vem, portanto, para organizar as etapas da melhor forma, para que se agregue valor ao produto para os clientes.

Nesses sentido, um conceito fundamental é o de Cadeia de Suprimentos. Para Vieira (2006), a Cadeia de Suprimentos é um conjunto de procedimentos que ocorrem um após o outro, iniciando na aquisição de matéria-prima e finalizando na entrega do produto ao consumidor final. O autor divide a Cadeia de Suprimentos em três fases:

- Fase de Suprimento: consiste na etapa de aquisição de matéria-prima e demais itens a serem utilizados no processo de produção.
- Fase da Produção: é a parte do processo em que são realizadas todas as atividades de conversão e fluxo, ou seja, atividades que transformam a matéria-prima em produto acabado, consumindo todos os tipos de recursos necessários.
- Fase da Distribuição Física: etapa na qual o produto acabado é embalado, transportado e fornecido ao consumidor final.

Um esquema resumido das fases da Cadeia de Suprimentos é apresentado na Figura 2 a seguir.

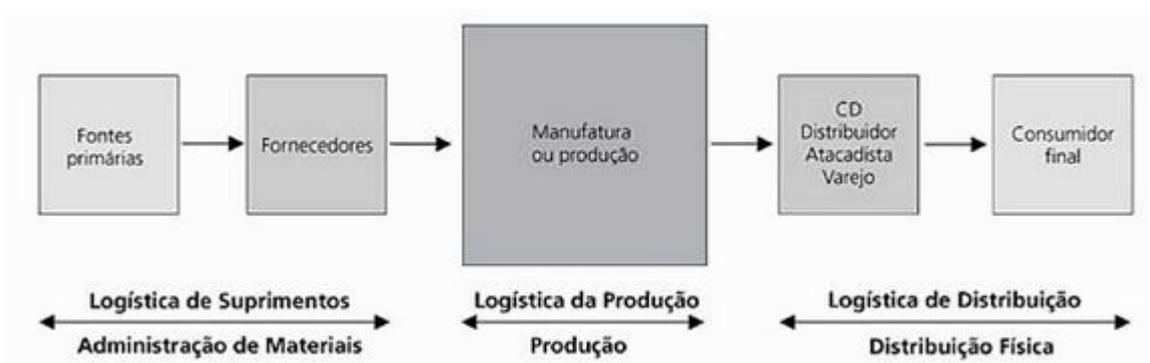


Figura 2: Cadeia de Suprimentos
Fonte: Vieira (2006).

Cada uma das três etapas envolvem várias atividades cujo objetivo é sempre atender às necessidades do consumidor final que, na Cadeia de Suprimentos, é o último a aparecer, como pôde ser observado na Figura 2.

Para o mesmo autor, no entanto, quando em se tratando da construção civil, um melhor desempenho pode ser obtido, um vez que nesse setor, as atenções se voltam às duas primeiras fases da Cadeia de Suprimentos.

A construção civil, é um setor que apresenta incidência de produtos finais com baixa qualidade e processo com pouca produtividade. Desse modo, é destacado por Vieira (2006) que esse setor necessita de aperfeiçoamentos contínuos para que sejam mudados esses aspectos. Uma logística bem realizada pode proporcionar essa melhoria, principalmente quando são empregados métodos de otimização dos processos, tais como sistemas de gestão de qualidade. O autor destaca que na construção civil se enfrentam problemas na implementação desses tipos de sistemas, sobretudo devido à baixa escolaridade de trabalhadores que atuam no setor. Sendo assim, para que as transformações sejam implantadas, propõe a busca por programas que visem desde a educação e treinamento dos envolvidos até a realização das atividades de produção propriamente ditas.

É importante lembrar que na logística se busca atender aos clientes com melhor qualidade e, à medida do possível, sem aumentar em demasia os custos. Nesse âmbito, o conceito de *trade-off* deve ser levado em conta. *Trade-off*, segundo Vieira (2006) nada mais é do que um princípio de compensações, ou seja, às vezes é necessário que se percam alguns aspectos para que se ganhem outros. À título de exemplo do conceito de *trade-off* podemos pensar no treinamento de mão-de-obra. Pode existir algum custo a mais na etapa, mas no final das contas, se o treinamento for bem realizado, pode-se atingir ganhos quanto a desperdícios.

Em resumo, a logística aplicada a qualquer serviço busca a melhoria do processo. Mas, como ressalta Vieira (2006), não deve ser restrita ao fluxo de materiais e componentes apenas. A abrangência da logística deve compreender a gerência da mão-de-obra, do fluxo de serviços e também das informações. Se todos esses detalhes funcionarem em uma sincronia adequada, a logística cumpre seu papel e os requisitos do cliente certamente serão atendidos.

2.5 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

A história do Sistema Toyota de Produção inicia-se com os primeiros feitos da família Toyoda. Nos fins do século XIX, por meio de Sakichi Toyoda, a família teve sucesso na indústria têxtil, devido à criação de teares de qualidade técnica superior àqueles que existiam na época. Sakichi, no entanto, percebeu que os teares estavam ficando ultrapassados e viu nos automóveis a tecnologia dos novos tempos. Foi por isso, portanto, que deu a seu filho, Kiichiro Toyoda a incumbência de ingressar na indústria automobilística. O pai de Kiichiro também deixou para a Toyota sua filosofia e tratamento quanto ao trabalho, apoiado em atenções para a melhoria contínua. (LIKER, 2007).

No final da década de 30, teve início a Segunda Guerra Mundial, evento que influenciou diretamente na produção da Toyota. A empresa, que havia produzido apenas alguns protótipos de caminhões militares artesanalmente, foi obrigada a parar sua produção automobilística (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Com o final do conflito, a Toyota retomou sua produção, mas o retorno da empresa às atividades não foi bem sucedido. No ano de 1949 houve uma queda nas vendas da empresa e a família Toyoda viu como possível solução para a crise demitir cerca de um quarto da força de trabalho da empresa. Essa decisão levou a uma greve geral e, posteriormente, à saída de Kiichiro da companhia, que assumiu todos os causadores do fracasso gerencial da empresa. Foi Eiji Toyoda, engenheiro e primo mais novo de Kiichiro, quem assumiu a presidência da Toyota após a renúncia do primo. Foi ele, também, quem trouxe para a empresa a ideia de que as coisas deveriam mudar para que a Toyota melhorasse sua participação no mercado automobilístico japonês (WOMACK; JONES; ROSS, 1992; LIKER, 2007).

Em meados de 1950, Eiji Toyoda viajou para o ocidente, onde visitou uma das fábricas da Ford, em Detroit. Lá, passou a conviver com os métodos utilizados por Henry Ford na produção de automóveis e analisar como eles funcionavam. Quando voltou para sua cidade, Nagoya, ele e Taiichi Ohno, principal engenheiro de produção da empresa fundada pelos Toyoda em 1937, concluíram que o modelo de produção em massa utilizado nos EUA jamais funcionaria no Japão. A limitação do mercado automobilístico (veículos deveriam ser produzidos em função das variadas necessidades dos clientes e do preço do combustível japonês), a mão-de-obra que não admitia trabalhar em condições semelhantes àquelas que existiam no sistema de

produção em massa nos Estados Unidos da América, a economia fragilizada devido à guerra, impedindo grandes compras de novas tecnologias, entre outros, são fatores que levaram à tal conclusão (WOMACK; JONES; ROSS, 1992; LIKER, 2007).

O sucessor de Kiichiro e o engenheiro Ohno não aderiram à proposta do governo japonês de que cada indústria deveria focar sua produção em um tipo de item. Pelo contrário e devido às condições supracitadas, a Toyota passaria a produzir uma gama maior de produtos, seguindo novos conceitos e implementando novos preceito quanto à produção automobilística. Assim nascia o que hoje chama-se de Sistema Toyota de Produção (STP) (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Ressalta-se que dois conceitos são comumente confundidos, mas que na verdade são diferentes: Sistema Toyota de Produção e Modelo Toyota. De fato, as diferenças entre eles são sutis, porém, o primeiro é muito mais sofisticados que o segundo. De acordo com Liker (2007), o STP é um estado mais aprimorado e regrado do Modelo Toyota, que, por sua vez, consiste no conjunto de ideais básicos da Toyota.

2.5.1 PRINCÍPIOS E CONCEITOS

Um dos conceitos fundamentais do STP é o conceito de 'valor'. Ao mesmo tempo, talvez seja um dos mais difíceis de definir. Em seu livro, Liker (2007) traz uma definição pra esse termo que consiste, segundo ele, na primeira pergunta do STP: “o que o cliente quer com esse produto? (Tanto o cliente interno, dos próximos passos da linha de produção, quanto o cliente externo final).” Valor, portanto, é um termo subjetivo e não o resultado imanente do processo de produção (KOSKELA, 1992).

Os métodos utilizados por Ford eram cheios de *muda* – palavra japonesa cuja tradução é “desperdício” – e, tendo percebido isso, Ohno propôs que na fábrica da Toyota, no Japão, a montagem dos automóveis ocorresse de forma diferente, uma vez que desperdícios não agregam valor aos produtos. Portanto, Ohno e Eiji passaram a implantar na empresa algumas novas ideias. Ao contrário do que acontecia na indústria de produção em massa, na Toyota foram criados grupos de trabalho formados por pessoas de diferentes especialidades e cada uma com um líder. Juntas, essas pessoas realizavam serviços que na Ford eram subdivididos e cujas parcelas eram executadas, cada uma, por um operário diferente (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Além disso, os grupos de trabalho passaram a ser responsáveis pela limpeza dos espaços, pequenas manutenções eventualmente necessárias nas ferramentas e atividades de controle da qualidade daquilo que produziam. Por certo tempo essa foi a dinâmica nas fabricas da Toyota e, quando Ohno viu-se satisfeito com os resultados, passou a reservar um tempo para que as equipes pudessem propor melhorias ao processo. Esse processo de autoavaliação e de melhorias constantes é chamado de *kaizen*, termo japonês que designa “melhoria contínua” (WOMACK; JONES; ROOS,1992).

O estoque foi outro ponto em que houveram modificações devido às ideias propostas na Toyota. No processo de produção em massa, havia grandes estoques, de matéria-prima, de material em processamento e/ou de produtos acabados. Mas no Japão, com exigências de mercado variadas, era provável que não fossem vendidas muitas unidades do mesmo produto. Portanto, era necessário que se reduzisse o tamanho dos estoques. Foi usado o que se chama de *set-up*, ou seja, troca de instrumentos usados na fabricação, para geração de estoques menores de cada tipo de produto. Reduzindo os estoques, aumentaram os lucros e diminuíram as peças finais com defeito. Vale ressaltar que o Sistema Toyota, diferente do que muitas pessoas têm em mente, não é um sistema de produção de ‘estoque zero’, mas sim um sistema que gerencia suas reservas para que sejam menores. Assim, nasce o conceito de *buffer*, que nada mais é do que um estoque de amortecimento, usado em diversas situações com a finalidade de permitir que o cliente, interno ou externo, permaneça recebendo o produto de que necessita. (WOMACK; JONES; ROOS, 1992; LIKER, 2007).

Na produção em massa apenas algum gerente da linha de produção é que poderia pará-la, ou seja, mesmo que alguma peça apresentasse algum defeito ou coisa parecida nenhum outro funcionário poderia parar o processo para resolver a questão. Isso, segundo Womack, Jones e Roos (1992), resultava em maiores perdas, uma vez que os problemas, fossem devido a peças defeituosas ou a peças em conformidade mas instaladas erroneamente, só receberiam atenção quando o produto em que se encontravam chegasse ao final da linha de produção. Por isso, Ohno instalou uma corda para que cada funcionário tivesse liberdade de parar o processo de fabricação caso detectasse alguma falha. Quando isso acontecesse, toda a equipe do grupo de trabalho viria até o local para auxiliar na resolução do problema. Junto com essa mudança, o engenheiro da Toyota também instruiu os funcionários a olharem

os problemas com uma visão analítica. Surge aí a ideia dos ‘cinco porquês’. Cada funcionário deveria questionar cada erro até que encontrasse a causa real deste e, encontrando-a, deveria achar a solução para que o erro não tornasse a ocorrer.

Por cerca de 20 anos, Ohno e Eiji trabalharam incessantemente na implantação de suas novas ideias na Toyota. Mas esse trabalho não foi em vão, muito pelo contrário, no final, houveram mudanças espetaculares quanto à produtividade das fábricas, qualidade dos produtos e rapidez no atendimento aos cliente (WOMACK, JONES, ROOS, 1992).

Uma versão da representação simples e gráfica das ideias fundamentais do STP encontra-se no livro de Liker (2007): a “Casa do STP”, que pode ser vista na Figura 2.

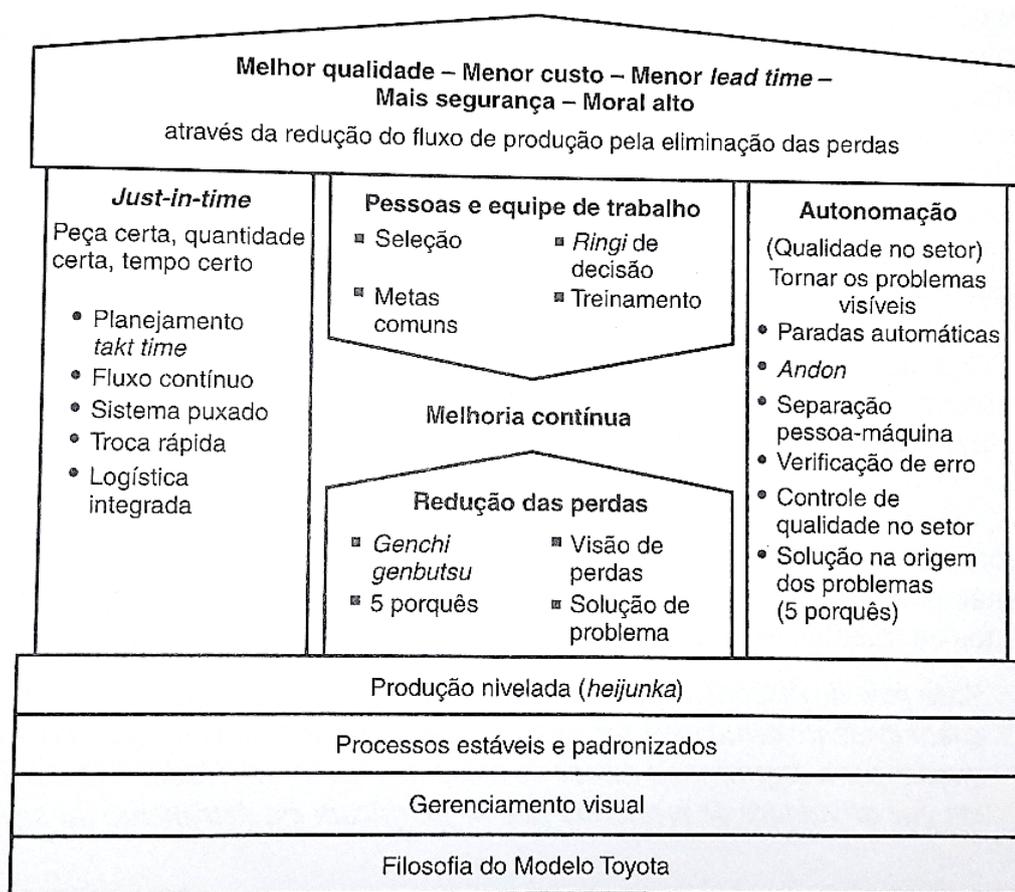


Figura 3: Diagrama “Casa do STP”
Fonte: Liker (2007).

O autor explica ainda, que o diagrama é uma casa porque este elemento representa uma estrutura, que só permanece de pé se tem uma base forte, pilares mais ainda e um telhado consistente, todos atuando em conjunto. Desse modo, conclui que o STP é mais do que um simples conjunto de ferramentas. Na verdade é

um sistema sofisticado que só funciona se cada pequena parcela dentro dele funcionar e, mais ainda, só é eficaz se todas as partes que o compõe forem bem desenvolvidas.

Just-in-time (JIT) e autonomia (também conhecida como *jidoka*, termo japonês) são os dois pilares que sustentam o STP. Liker (2007) define o JIT como um conjunto de ideais, instrumentos e procedimentos que uma empresa pode usar para entregar produtos certos, com tempos de espera menores, para atender pedidos específicos de cada cliente, na hora em que esses produtos são necessários. Assim, a maior contribuição do JIT é que a indústria se molda às flutuações diárias das demandas, que era exatamente o que a Toyota necessitava. O outro pilar do STP, autonomia, diz respeito a dois conceitos aliados: eliminação de defeitos enquanto se produz e criação de operações ou equipamentos que dão ao funcionário certo grau de liberdade em relação ao maquinário, liberando-o para que atue em serviços que agregam valor ao produto. Esses dois pilares, junto com o núcleo da “casa”, que foca nas pessoas e no processo de melhoria contínua, sustentam o telhado, que representa os objetivos do STP: melhor qualidade, menor custo, menor tempo de espera (*lead time*), mais segurança e moral alto. Na base da casa estão, entre outros, o princípio de estabilidade e padronização de processos, que são fundamentais ao bom desenvolvimentos dos “conceitos-pilares” e, portanto, à eficácia na obtenção dos resultados (LIKER, 2007).

Liker (2007) ressalta que um olhar amplo permite perceber que o STP está relacionado à aplicação dos preceitos do Modelo Toyota. O autor lembra, ainda, que o coração do sistema está na fábrica, mas que o sucesso do STP faz com que seja adotado não apenas na Toyota. Muitas companhias foram, aos poucos, tomando conhecimento dos benefícios advindos das mudanças propostas por Eiji e Ohno e, por isso, passaram a adotar esses novos pensamentos na gestão de seus processos. Para Liker (2007), os princípios do STP são amplos e isso permite que sejam adotados tanto em engenharia e gerência quanto a serviços.

2.6 LEAN PRODUCTION E LEAN THINKING

As origens da chamada *Lean Production* (Produção Enxuta) se encontram no STP, sistema em que o foco era, de acordo com Koskela (1992), a eliminação ou

diminuição dos estoques e outros tipos de perdas, por meio da adoção de lotes menores, redução do tempo de espera, autonomia, entre outros. Segundo esse autor, no início da década de 90, essa era a abordagem de produção de maior destaque entre as companhias de manufatura. Em suma, a Produção Enxuta nada mais é do que a produção com base no conjunto dos princípios nascidos na Toyota a partir do fim da Segunda Guerra Mundial aplicados a outros tipos de indústrias.

O termo *Lean Thinking* – Mentalidade Enxuta – (homônimo do livro escrito por Womack e Jones (1998)), designa as filosofias no Modelo Toyota e, conseqüentemente, do STP. Por esse motivo, é possível dizer que uma produção enxuta é aquela que adota uma mentalidade enxuta.

Womack e Jones (1998) desenvolveram cinco princípios que regem a mentalidade enxuta e que, quando observados e adotados, podem auxiliar no processo de redução de perdas nas empresas. Esses princípios são descritos a seguir.

- Especificar valor: é uma questão crítica para os fabricantes, pois depende muito mais da percepção do cliente do que de qualquer outra coisa. Como definido anteriormente, um produto terá valor se atender às necessidades de um cliente, no tempo certo e garantindo a satisfação dele.
- Identificar o fluxo de valor: o fluxo de valor, nada mais é do que o grupo de atividades envolvidas na fabricação de algum produto ou na elaboração de algum serviço, iniciando na idealização do mesmo, passando por estágios de projetos e conversão da matéria-prima e terminando na finalização do produto e/ou serviço. A identificação do fluxo de valor é importante, uma vez que trará à tona as etapas que agregam valor ao resultado do processo e aquelas que não o fazem, permitindo, por fim, a redução de perdas.
- Fluxo: depois de definido o valor do produto, identificadas e eliminadas, no fluxo de valor, as atividades que geram perdas, é necessário que as demais atividades – aquelas que agregam valor ao produto – sejam organizadas e formem um fluxo de valor contínuo de produção, ou seja, que sejam executadas de forma constante na fabricação de produtos ou execução de serviços.
- Puxar: este termo vem para definir um modo de produção diferente do que acontecia na produção em massa, ou seja, 'produção puxada'. Significa que as indústrias devem produzir de acordo com as demandas do mercado, moldando seus produtos e serviços de acordo com aquilo que é necessidade para os

clientes e não mais produzir grandes lotes do mesmo produto e, depois tentar vendê-los. O mercado deve 'puxar' os produtos e não a fábrica 'empurrar' sua produção ao mercado.

- Perfeição: é o princípio que, segundo Womack e Jones (1992), surge de maneira mais estranha. Uma vez atingido o que trazem os demais princípios, os fabricantes entram em um ciclo de busca pela perfeição, que parece não ter fim. Nessa busca, a transparência é algo fundamental, pois com ela todos os envolvidos no processo tem visão de tudo que acontece e, dessa forma, podem colaborar com sugestões e melhorias, aproximando cada vez mais o produto da satisfação do cliente.

Em resumo, o pensamento *Lean* se inicia com a idealização do produto, tendo em vista sua utilidade, as expectativas do cliente em relação a ele, etc. Em seguida, observam-se as etapas da produção que envolve a fabricação do produto e identificam-se as que agregam valor a ele e aquelas que não o fazem, ou seja, as que caracterizam desperdícios. Essas etapas devem ser reduzidas e/ou eliminadas com o objetivo de reduzir custos e melhor satisfazer o cliente. Tudo isso, organizado em fluxo contínuo de produção e funcionando em um sistema de produção puxada pode resultar na perfeição dos processos e dos produtos (RAMOS, 2011).

2.7 LEAN CONSTRUCTION

Nunes (2010) destaca que a indústria da construção civil apresenta vários pontos insatisfatórios, dentre os quais cita baixa produtividade, baixa qualidade dos produtos e condições de trabalho precárias. Isso se deve, basicamente, ao caráter complexo da construção civil. A autora ressalta, ainda que há várias propostas para melhorias desses aspectos do setor em questão, tais como industrialização de partes que permitam uso desse artifício e pré-fabricação de partes componentes do produto final.

A sociedade é dependente de edifícios e de infraestrutura e, por isso, os interesses do clientes devem estar em prioridade quando da elaboração dos produtos dessa indústria. A *Lean Construction* (Construção Enxuta) pode ser um grande aliado no caminho em direção da satisfação dos clientes, uma vez que os resultados

buscados com essa filosofia estão amplamente ligados a qualidade do produto final (GARRIDO; PASQUIRE; THORPE, 2010).

O termo *Lean Construction* descreve a aplicação de conceitos da mentalidade enxuta à construção civil. Koskela (1992) é o pai desse conceito, sendo que foi quem propôs adaptações da Produção Enxuta para este. O autor chamou, inicialmente, essa adaptação de “aplicação da nova filosofia de produção à construção”, frase que deu nome a seu trabalho.

Koskela (1992) definiu 11 princípios da *Lean Construction*, os quais são apresentados na seção a seguir.

2.7.1 PRINCÍPIOS DA *LEAN CONSTRUCTION*

i) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor

Atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor são definidas por Koskela (1992), de forma simples e até intuitiva. As primeiras, segundo o autor, são aquelas que transformam a matéria-prima e/ou as informações naquilo que o cliente deseja. Enquanto que as segundas são as atividades que, apesar de consumir tempo, recurso e espaço, não transformam diretamente matéria-prima no produto final.

Há pelo menos três causas para a existência de atividades que não agregam valor: subdivisão de tarefas (isso aumenta a ocorrência de atividades como movimentação e inspeção), ignorância (quando os processos não são organizados de forma ordenada) e a própria natureza da produção.

Para que a construção ocorra de forma enxuta, portanto, é necessário que as atividades que não agregam valor sejam eliminadas. Mas algumas dessas atividades agregam valor para o cliente interno, ou seja, para os operários das próximas etapas, tais como os treinamentos sobre segurança e prevenção de acidentes e contagem de produtos parciais. Portanto, como frisa Formoso (2002), a eliminação dessas atividades não deve ser realizada de forma radical.

ii) Aumentar o valor do produto através da consideração sistemática das necessidades dos clientes

O valor de um produto consiste na satisfação de clientes, internos e externos. O segundo princípio da *Lean Construction* relaciona-se exatamente a isso, uma vez

que indica que quanto mais forem considerados os desejos dos clientes, maior será o valor do produto. A realização de um projeto de fluxo regular, tendo em vista o que requer o cliente de cada etapa, muito provavelmente levará ao esperado aumento do valor do produto final.

iii) Reduzir a variabilidade

Os processos de produção, mesmo que para um mesmo produto, variam entre si, de acordo com vários fatores, como o tempo e a matéria-prima. Essa variação, apesar de comum, traz perdas para o processo como um todo. Segundo Koskela (1992), reduzir a variabilidade é importante, pelo menos, devido a dois motivos: para os clientes, produtos mais uniformes são melhores e quanto menos variabilidade, principalmente no que diz respeito a duração de atividades, menor será a incidência de atividades que não agregam valor.

iv) Reduzir o tempo de ciclo

O fluxo de produção, qualquer que seja sua natureza, pode ser caracterizado de acordo com o tempo de ciclo, que nada mais é do que o tempo que certo material leva para atravessar o fluxo, ou seja, é o tempo que certo material demora para passar por todas as etapas, desde sua chegada ao local de processamento até sua saída. Koskela (1992) representa esse tempo como:

$$\text{Tempo de ciclo} = \text{processamento} + \text{inspeção} + \text{espera} + \text{movimentação}$$

Portanto, para redução de período de ciclo, é necessário que se reduzam os tempos de inspeção, espera e movimentação. Além da diminuição do tempo total, pelo menos dois outros benefícios são trazidos: entrega mais rápida ao cliente e menor necessidade de se fazer previsões quanto a demandas futuras.

v) Simplificar reduzindo o número de etapas, partes e ligações

A complexidade de um processo pode se dar devido ao fato de envolver muitas etapas ou se o produto possui muitas partes componentes. No caso da construção civil, a complexidade é algo inerente, uma vez que seus produtos sempre envolvem um grande número de processos menores. O problema é que processos mais complexos são menos confiáveis que aqueles mais simples. Além disso, a capacidade humana de lidar com sistemas complexos é limitada e facilmente excedida. É por esse motivo que se deve simplificar o processo e isso pode ser feito pela pré-fabricação, mudanças de projetos, adoção de equipes multifuncionais, etc (NUNES, 2010).

vi) Aumentar a flexibilidade dos produtos finais

Em um primeiro momento esse princípio parece ir contra o anterior. No entanto, é importante para que se atenda a diferentes clientes com diferentes necessidades. A flexibilidade dos produtos deve ser buscada tendo em mente o mínimo aumento dos custos e de desperdícios. Esse objetivo pode ser alcançado reduzindo-se os volumes de estoque, diminuindo os obstáculos à mudanças e atualizações, treinando equipes versáteis, entre outros.

vii) Aumentar a transparência do processo

A transparência do processo como um todo permite que todos tenham acesso a tudo, ou seja, todos os envolvidos na produção têm acesso a todas as informações envolvidas no andamento das atividades. Desse modo, problemas podem ser percebidos e resolvidos mais facilmente e com envolvimento do maior número de pessoas. Com a adoção de maior transparência nos processos, a melhoria contínua é incentivada. Para que esse princípio seja colocado em prática, ferramentas como incorporação de informação de processo em áreas de trabalho, instrumentos e materiais, 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*, termos japoneses para utilização, organização, limpeza, saúde/higiene e autodisciplina), controle visual, entre outras podem ser empregadas.

viii) Focar o controle no processo total

A otimização do processo global é atingida quando as equipes têm autonomia para controlar suas ações e quando há cooperação de longo prazo entre os fornecedores e os envolvidos com a construção (PENEIROL, 2007).

ix) Incorporar melhoria contínua ao processo

Reduzir desperdícios e aumentar o valor dos produtos consiste em um trabalho interno, progressivo e iterativo, ou seja, deve ser repetido diversas vezes. Há vários artifícios que podem ser usados na execução dos processos de melhoria contínua, tais como definir os objetivos para que se possa identificar os erros e solucioná-los, monitorar e quantificar as melhorias, atribuir responsabilidades pelas melhorias a todos os envolvidos, definir metas de superação, entre outros. Salienta-se que o processo de melhoria contínua é atingido progressivamente e isso ocorre à medida que os demais princípios da *Lean Construction* vão sendo aplicados (KOSKELA, 1992; NUNES, 2010).

x) Balancear melhoria do fluxo com melhoria da conversão

Para que as melhorias das atividades de conversão sejam balanceadas com as melhorias das atividades de fluxo, é necessário entender que cada tipo de atividade tem potencial de melhoria diferente da outra. Em geral, se um processo é muito complexo e se existem muitas perdas envolvidas no mesmo, maior é o efeito da melhoria das atividades de fluxo e mais rentável é em comparação com os avanços das atividades de conversão.

Koskela (1992) destaca que mesmo que os fluxos tenham passado décadas esquecidos, o potencial de melhorias desses ainda é maior do que o potencial das atividades de conversão. Além disso, salienta que melhorias nas atividades de fluxo podem ser iniciadas com pequenos investimentos iniciais, mas demoram mais para apresentar resultados.

O autor ressalta que os dois tipos de atividades estão intimamente ligados entre si e, portanto, a melhoria de um influencia na melhoria do outro e vice-versa.

xi) Realizar *benchmarking*

Basicamente, esse princípio baseia-se em observar e adotar métodos e processos empregados pelas melhores empresas do ramo. Quando um processo ou método gera bons resultados, é interessante que se passe a adotá-lo, uma vez que muito provavelmente trará mais êxito para a empresa dentro do setor em que atua. Por meio desse tipo de atitude é possível identificar erros que ocorriam anteriormente à aplicação desses métodos e processos e, por fim, eliminá-los.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar o emprego da mentalidade *Lean* e dos conceitos de *Lean Construction* na organização de canteiros de obras rodoviárias. Para tanto, nesse capítulo, a pesquisa é classificada e é, também, delineada a metodologia empregada para a obtenção dos resultados.

Gil (2002) classifica as pesquisas quanto a seus objetivos e também quanto à aos procedimentos técnicos que empregam. A primeira classificação feita pelo autor (quanto aos objetivos de pesquisa) consiste em três grupos: pesquisas exploratórias, pesquisas descritivas e pesquisas explicativas.

Analisando-se essas três classes é possível concluir que a pesquisa desenvolvida no presente trabalho é exploratória, uma vez que fará uso de pesquisa bibliográfica para ampliar os conhecimentos a respeito do tema *Lean Construction* e, também, empregará entrevistas e estudo de caso para identificação da maneira como acontece o emprego dos conceitos *Lean* na elaboração de obras rodoviárias.

Em seguida, se faz necessário classificar a pesquisa quanto aos procedimentos técnicos empregados. Para Gil (2002) as pesquisas, quanto aos métodos de obtenção de dados, podem ser separadas em dois grupos e subdivididas em pelo menos oito classes: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, pesquisa *ex-post facto*, levantamento, estudo de caso, pesquisa-ação e pesquisa-participante.

Vale salientar que essas classificações não devem ser levadas em conta de maneira rígida, uma vez que os procedimentos de obtenção de dados podem se mesclar à medida que a pesquisa vai sendo realizada (GIL, 2002).

Dito isto, o presente trabalho se valeu de (a) pesquisas bibliográficas à respeito do tema escolhido em materiais já publicados como livros e artigos e (b) estudo de campo, uma vez que visou explorar situações da realidade por meio de observação direta de vários aspectos em obras rodoviárias e, assim, avaliar a viabilidade da implementação dos conceitos *Lean* nessas obras.

3.1 MÉTODO DE PESQUISA

Sendo o objetivo geral desse trabalho a análise do emprego dos conceitos *Lean* em canteiros de obras rodoviárias e os objetivos específicos: diagnosticar quais conceitos de *Lean Construction* já são adotados em canteiros de obras rodoviárias, propor soluções enxutas para algumas atividades de obras rodoviárias e avaliar a viabilidade da adoção desse modelo de produção no setor da construção rodoviária, a pesquisa foi dividida em cinco etapas, apresentadas de modo esquemático na Figura 4 a seguir.

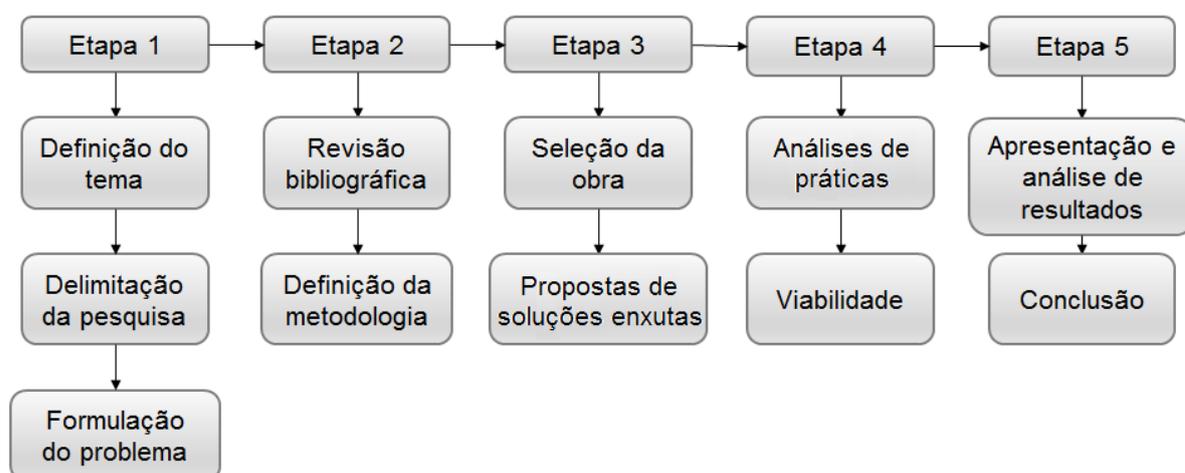


Figura 4: Etapas da pesquisa

Primeiramente, foi realizada definição do tema da pesquisa, bem como delimitação da mesma e formulação do problema a ser estudado. Em seguida, foi realizada revisão bibliográfica a fim de estabelecer um conhecimento um pouco mais aprofundado sobre os conceitos fundamentais relacionados ao tema escolhido e, também, foi definida a metodologia de trabalho.

Para identificar os conceitos da *Lean Construction* que já são empregados nos canteiros de obras rodoviárias, ou seja, para atingir o primeiro objetivo específico deste trabalho, então, foi selecionada a obra rodoviária a ser visitada e observada, sendo escolhido o trecho da BR 158 entre as cidades de Palmital e Laranjeiras do Sul, ambas no interior do estado do Paraná.

Com uso de fichas de anotação, foram detectados e registrados comportamentos e atividades dentro do canteiro da obra da BR 158, os quais se

buscou relacionar com os conceitos da mentalidade *Lean* estudados na etapa de revisão bibliográfica do trabalho.

Após a identificação dos conceitos existentes no canteiro, e também compondo a terceira etapa do trabalho, foram elaboradas propostas de melhorias tendo como base conceitos da *Lean Construction* para que sejam adotadas, futuramente, em canteiros de obras rodoviárias.

Na quarta etapa, como pôde ser observado na Figura 4, foi realizada análise das práticas dos profissionais que atuam no canteiro da obra rodoviária para avaliar a viabilidade quanto à adoção das medidas enxutas nos canteiros desse tipo de obra. A partir do momento em que se percebeu o desconhecimento dos profissionais, foi constatado que para aplicar questionários e/ou realizar entrevistas com essas pessoas seria necessário apresentar e explicar melhor o funcionamento do modelo de gestão. Assim, suas respostas poderiam ser superficiais e condicionadas pela percepção do entrevistador, ou seja, poderiam ser influenciadas, distanciando-se de seu real sentimento quanto à aplicação do modelo em canteiros de obras rodoviárias. Por conta disso, a análise da viabilidade foi realizada a partir da observação das atividades e relação entre os conceitos já identificados na obra e os comportamentos dos envolvidos, bem como com os relatos informais dos profissionais e, portanto, por meio de metodologia diferente daquela que se desejava empregar.

Por fim, na última etapa da pesquisa, foram apresentados e discutidos os resultados obtidos ao longo das etapas anteriores. Foram apresentadas, também, conclusões sobre o que foi observado e sobre os resultados obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 A OBRA

Para efeito da elaboração do presente trabalho, foi selecionada uma obra rodoviária como objeto de estudo. À princípio, a intenção era que fossem realizadas visitas em mais de uma obra rodoviária, mas, durante o período, haviam poucas obras sendo executadas nos arredores da cidade de Pato Branco – PR. Isso levou ao uso de apenas uma obra como objeto de estudo e que, portanto, serviu de exemplo para o que se desejava observar e analisar.

Por conta da maior proximidade e da disponibilidade para visitação, foi selecionada a obra desenvolvida na BR 158, trecho entre as cidades de Palmital e Laranjeiras do Sul, ambas localizadas no interior do estado do Paraná. Por meio do site do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)   possível acessar algumas informações a respeito das obras nessa rodovia, inclusive do trecho escolhido, o que pode ser visto na Figura 5.

Estado: Paraná / BR: 158

Trecho	Km	Condi�o
DIV SP/PR - AVENIDA COMENDADOR NORBERTO MARCONDES	0 ao 4.5	• km 0,00 ao km 4,5 (Campo Mourão/PR) – Pista simples - Trecho em boas condições, sem buracos; •Trecho urbano, respeite a sinalização
ENTR PR-317/465(B) - ENTR BR-272(A) (ANEL VIÁRIO CAMPO MOURÃO)	196.2 ao 207.4	Trecho concedido ao DER/PR.
ENTR BR-272(B)/369(A) - ENTR BR-487	212.7 ao 222.4	Trecho concedido pelo DER/PR.
ENTR BR-487 - ENTR BR-369(B) (ACESSO SUDOESTE CAMPO MOURÃO)	222.4 ao 224.8	Trecho concedido ao DER/PR.
ENTR BR-369(B) (ACESSO SUDOESTE CAMPO MOURÃO) - ENTR PR-239/462 (RONCADOR)	224.8 ao 290.8	Km 229,5 ao 294,4 - Normal - Rodovia não pavimentada, em leito natural. Condições: em revestimento primário
ENTR PR-364(A)/456 (PALMITAL) - ENTR BR-277 (LARANJEIRAS DO SUL)	323.8 ao 398.3	Segmento km 335,6 ao km 398,3:Em obras de restauração (CREMA II)
ENTR BR-277 (LARANJEIRAS DO SUL) - ENTR PR-281(A)	398.3 ao 464.8	1)Do segmento KM 367,2 ao KM 405,3 com obras de reparação 2) KM 404,10 - 470,60 - Trecho atendido por contrato de manutenção com necessidade de reparos no pavimento.
ENTR BR-373 - ENTR BR-280(A)	491.5 ao 528.5	KM 502,80 (Entr. BR-373 - Cel. Vivida) ao 531,40 (Entr. BR-480/PR-493 - Pato Branco) = situação: Regular; KM 531,40 - 539,80 = Situação: Normal. Trechos atendidos por contrato de manutenção e problemas pontuais no pavimento.

Figura 5: Detalhes da obra selecionada
Fonte: Adaptado de <https://goo.gl/p2eU7J>

Como é possível perceber na Figura 5, a obra visitada se estende por cerca de 74 km. É importante salientar que o canteiro de uma obra rodoviária não é o trecho todo que receberá intervenção, mas sim uma parcela dele, onde efetivamente há serviço. Sendo assim, o canteiro de obras representa uma parcela de cerca de 2 km englobada nos 74 km totais da obra. As figuras 6 e 7 destacam, respectivamente, o trecho da BR 158 que configura o trecho total onde há intervenções e o trecho entre a usina de concreto asfáltico e o canteiro de obras.

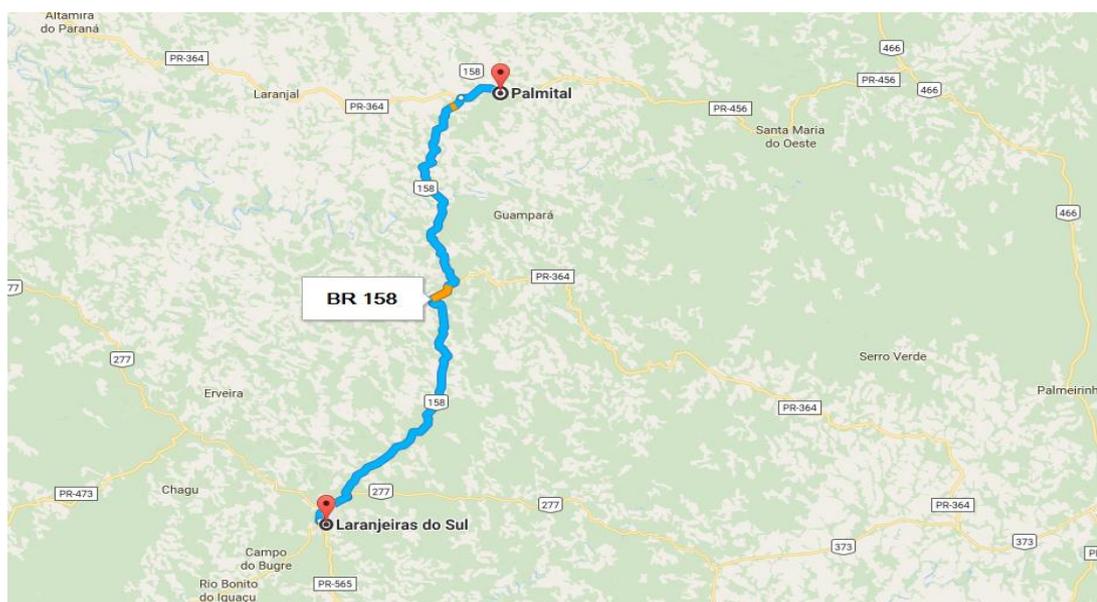


Figura 6: Trecho da BR 158 que recebe intervenção entre Palmital (PR) e Laranjeiras do Sul (PR)
Fonte: Adaptado de Google Maps.

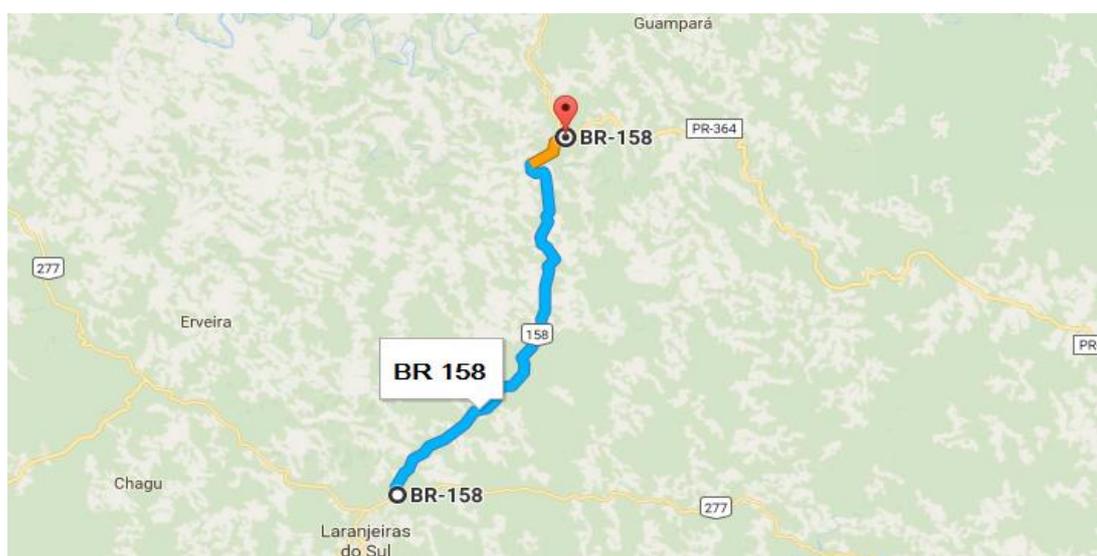


Figura 7: Trecho entre a usina de concreto asfáltico e o canteiro de obras
Fonte: Adaptado de Google Maps.

Na ocasião da visita, realizada no dia 19 de setembro de 2017, as atividades estavam acontecendo em um trecho distante, aproximadamente, 36 km da usina de concreto asfáltico, mais ou menos no ponto destacado na figura 7 pelo símbolo vermelho.

4.2 ESTUDO DE CAMPO

Nesta seção, serão apresentadas observações realizadas durante a visita ao trecho da BR 158, bem como princípios da *Lean Construction (LC)* detectados nas atividades contempladas e algumas sugestões que se julga serem passíveis de adoção nessas tarefas para que as mesmas passem a ter um aspecto mais enxuto.

Para tanto, as atividades foram separadas e numeradas de 1 a 5. Estas serão apresentadas a seguir, juntamente com as análises convenientes. Todas as observações apresentadas foram realizadas no dia 19 de setembro de 2017, na obra de Restauração da BR 158, entre Palmital e Laranjeiras do Sul, no interior do estado do Paraná.

- **ATIVIDADE 1: Alimentação dos funcionários**

Descrição: Na obra visitada, os funcionários usam de locais provisórios para realizarem suas refeições. De acordo com a mudança do canteiro de obras ao longo do trecho que recebe intervenção, esses locais são transferidos para pontos mais próximos da frente de trabalho. Há duas formas como pode acontecer a alimentação dos funcionários: 1) a empresa compra o alimento pronto e disponibiliza aos funcionários nesses refeitórios provisórios ou 2) quando o canteiro de obras está localizado mais próximo de alguma cidade, a empresa convenia-se com algum restaurante de interesse e os funcionários deslocam-se até o mesmo para realizarem suas refeições.

Comentários: Os funcionários de uma obra, seja ela de que natureza for, são seus clientes internos e, assim, alguns detalhes no dia-a-dia da obra podem trazer a eles uma maior satisfação. Isso pode ser considerado como agregação de valor para os clientes internos. Quando existem algumas situações que os beneficiam, os funcionários trabalham melhor, trazendo maior qualidade aos serviços executados dentro das obras, o que é uma forma de redução de desperdícios. Dessa maneira, é

possível relacionar o modo como acontece essa atividade com o princípio *ii* da *LC*: aumentar o valor do produto com a consideração sistemática das necessidades dos clientes.

A atividade de alimentação dos funcionários pode ser avaliada como uma atividade agregada à de restauração do pavimento. Desse prisma, é possível dizer que, por exemplo, montar refeitórios provisórios mais próximos à obra, é uma forma de adoção do princípio *i* da *LC*: reduzir a parcela de atividades que não agregam valor. Isto se deve ao fato de que, com o refeitório mais próximo, os funcionários não precisam se deslocar por grandes distâncias para realizarem suas refeições. Em contraponto, vale ressaltar que a comida terá de ser transportada e, enquanto o alimento é produto parcial do processo, esse transporte configura perda. Assim, sugere-se, por exemplo, o uso de um veículo (e.g. um ônibus) adaptado para suprir tanto a elaboração das refeições quanto a alimentação propriamente dita. Com isso, a manifestação do princípio *i* poderia ser intensificada na atividade de alimentação dos funcionários.

- **ATIVIDADE 2: Restauração do pavimento com adição de cimento Portland**

Esse método consiste na execução de nova pavimentação utilizando a reciclagem da capa asfáltica deteriorada. O trabalho se inicia com a escarificação do pavimento antigo e posterior pavimentação da mesma área utilizando como base uma mistura que leva o produto da raspagem, cimento Portland e outros componentes. Entre a camada de base e a nova capa de asfalto, ainda, deve existir uma pintura de imprimação. Essa pintura consiste de uma fina camada de ligante asfáltico sobre a base, com a finalidade de promover a coesão entre a base e o novo revestimento asfáltico, bem como impermeabilizar essa fronteira (DER/PR, 2005).

As figuras 8 e 9 mostram a pavimentação durante o processo de reciclagem, nas etapas de pintura de imprimação e de compactação final do pavimento, respectivamente.



Figura 8: Trecho em que a reciclagem do pavimento com adição de cimento Portland estava sendo executada (pintura de imprimação)



Figura 9: Trecho em que a reciclagem do pavimento com adição de cimento Portland estava sendo executada (compactação final do pavimento)

Descrição: O método utilizado para restauração da estrada na obra visitada, por si só é um exemplo de não-desperdício, uma vez que utiliza como matéria-prima

parte do material existente no pavimento antigo. Desse modo, evita-se o descarte pleno do material e, conseqüentemente, a necessidade de aquisição de matéria-prima é reduzida, ou seja, será necessário adquirir uma quantidade menor de matéria-prima, pois parte dela será proveniente do material que já existe no local do novo pavimento.

Comentários: Perda de materiais ou de tempo são apenas dois tipos de desperdícios que podem ser citados quando se pensa em processos de produção. Como exemplo de ferramenta de melhoria desse aspecto, e, como consequência, melhoria da questão ambiental, pode-se citar os 3 R, que nada mais são do que três práticas sustentáveis passíveis de adoção em qualquer processo. É possível relacionar todos os 3 R (reduzir, reutilizar e reciclar), com o método utilizado na restauração do pavimento da BR 158, uma vez que se reutiliza o material proveniente da escarificação, reduzindo a quantidade de resíduos a serem descartados e reciclando parte do pavimento antigo (DEL PRETTE, ZANIN, 2003).

A essa atividade podemos relacionar pelo menos três dos princípios da LC: *i* (reduzir a parcela de atividades que não agregam valor), *iii* (reduzir a variabilidade) e *iv* (reduzir o tempo de ciclo).

Do primeiro, podemos dizer que a parcela de atividades que não agregam valor é reduzida, visto que se passa a não ter a necessidade de transportar e descartar o material usado. Além disso, embora ainda haja a necessidade de transporte de matéria-prima, a quantidade é menor, resultando em menores custos envolvidos nessa tarefa.

Ao segundo, é possível relacionar o método de execução, pois, uma vez que se utilizam procedimentos mais mecanizados, a variabilidade da atividade é reduzida. Embora as rodovias possuam projetos diferentes, a maneira de executar certos serviços é padronizada, permitindo uma identificação de erros e problemas, seguida de correções e, conseqüentemente, redução de perdas. Diferente do que muitas pessoas imaginam, isso é uma forma de reduzir a variabilidade. Padronizar técnicas, ainda que para projetos e produtos diferentes entre si, é uma maneira de atender ao princípio *iii* da LC.

A atividade de reciclagem se encaixa no princípio de redução de tempo de ciclo (princípio *iv*), pois serão necessárias menos movimentações e esperas, visto que parte da matéria-prima do novo pavimento já estará no local de uso quando for necessária. Lembrando que tempo de ciclo é igual a soma dos tempos de

processamento, inspeção, espera e movimentação, facilmente se identifica que reduzindo movimentos e esperas, o tempo de ciclo será diminuído.

Foi observado durante a visita que, muitas vezes, veículos acabam por danificar etapas do serviço já executadas, como, por exemplo, a pintura de imprimação feita antes da nova pavimentação. Após a execução dessa etapa, é necessário que se espere um tempo (o tempo de cura) antes de executar o passo seguinte. Assim, a área com imprimação fica descoberta e alguns veículos acabam circulando sobre a pintura, danificando-a e gerando a necessidade de retrabalho.

Nesse sentido, sugere-se adoção do princípio *xi*, fazer *benchmarking*, por meio do qual é provável que se encontre maneiras de reduzir o tempo de cura da imprimação, seja pela adoção de novos compostos químicos, seja pela aplicação de novos métodos. Pela redução do tempo de cura, o período de espera seria menor e, como consequência, essa diminuição seria refletida no tempo de ciclo. Isto configuraria, mais uma vez, aplicação do princípio *iv* ao processo.

- **ATIVIDADE 3: Usina de concreto asfáltico**

A figura 10 mostra a configuração da usina de concreto asfáltico que supre as obras do trecho visitado. Pela imagem, é possível perceber que o combustível empregado na usina é a lenha e que ali os materiais são aquecidos e misturados para a obtenção do concreto asfáltico.



Figura 10: Usina de concreto asfáltico

Descrição: A usina destinada à mistura das matérias-primas para posterior pavimentação é instalada de acordo com o trecho a ser pavimentado. Ou seja, quando certo trecho receberá intervenção, a empresa contrata uma usina de material para pavimentação e esta instala-se, durante o período de intervenção, em ponto estratégico em relação ao trecho. No caso da obra visitada, a usina (situada temporariamente no município de Laranjeiras do Sul – PR) distancia-se cerca de 4 km da fonte de agregado e cerca de 74 km do ponto inicial do trecho sob intervenção (município de Palmital – PR), como pode ser observado na Figura 11.

Ainda que 74 km pareça uma distância bastante grande, deve ser analisada tendo em mente que se trata de uma obra rodoviária, na qual os trechos de intervenção apresentam grandes extensões. Todas as misturas necessárias são realizadas na usina e, de lá, o composto final segue até o canteiro de obras, transportado por caminhões, os quais devem manter a temperatura do mesmo até que chegue no ponto de aplicação.

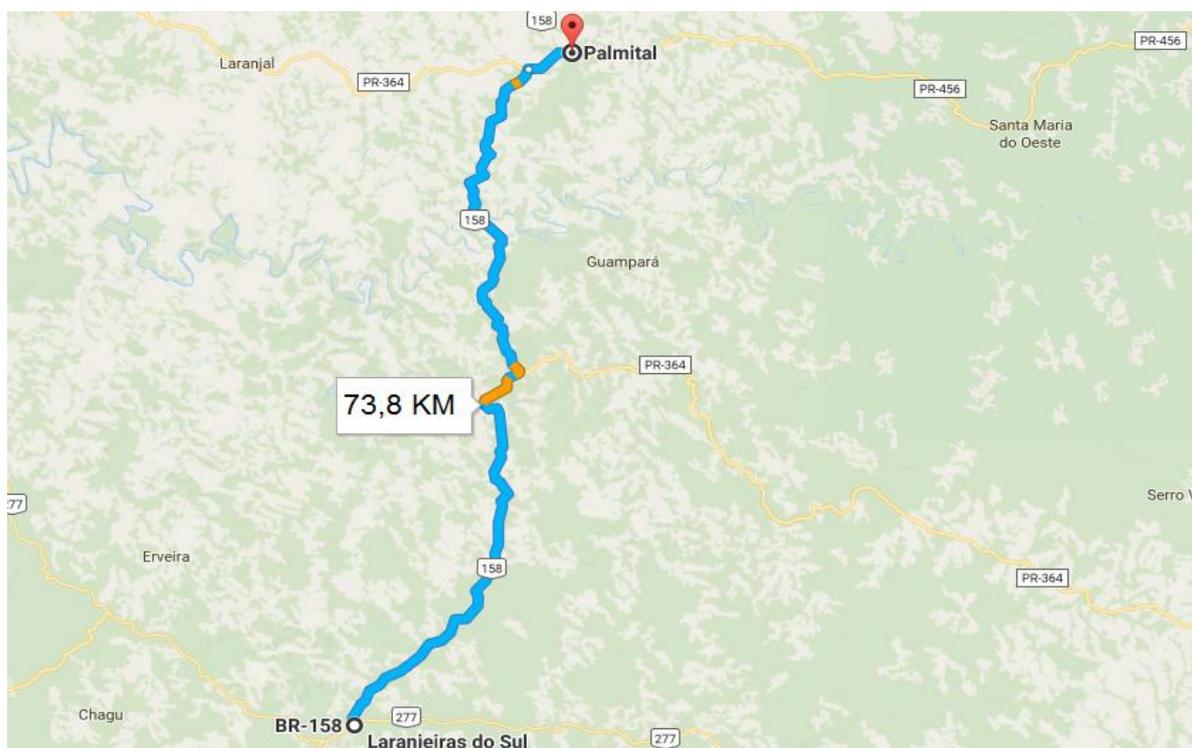


Figura 11: Distância entre ponto inicial do trecho pavimentado (Palmital – PR) e a usina de concreto asfáltico (Laranjeiras do Sul – PR)
Fonte: Adaptado de *Google Maps*.

Comentários: O fato de a usina de concreto asfáltico ser deslocada de acordo com as obras é uma forma de reduzir atividades ditas de fluxo, que não agregam valor

ao produto. Nesse caso, as movimentações é que são identificadas como atividades de fluxo e, portanto, reduzi-las significa diminuir a parcela de atividades que não agregam valor ao produto (princípio *i*).

Ainda que 74 km seja uma distância considerável, deve-se pensar que, caso a usina fosse instalada em local definitivo, esse percurso a ser percorrido poderia ser muito maior. A exemplo, tomemos o fato de que a sede da empresa de usinagem fica em Guarapuava – PR. Desta cidade até o ponto inicial do trecho que recebe intervenções (Palmital – PR) seria pouco menos de 200 km. Após comparação, pode-se afirmar que a instalação da usina mais próxima das obras resulta em, pelo menos, dois benefícios: diminuição da distância a ser percorrida com a mistura pronta para uso e redução no tempo de espera por parte dos funcionários. Essas duas situações configuram redução de movimentações e de tempo de espera, dois dos sete tipos de perda citados por Hines e Rich (1997). Isto posto, é possível relacionar a essa atividade o princípio *iv* da LC (reduzir o tempo de ciclo), pois como visto anteriormente, o tempo de ciclo é a soma entre os tempos de processamento, inspeção, espera e movimentação e, logicamente, a redução em um desses fatores resulta na minoração da soma final.

Outro princípio *Lean* que pode ser associado a usina de concreto asfáltico é o *vi* (aumentar a flexibilidade dos produtos finais), pois, apesar de a usina ser programada para fornecer um tipo específico de concreto asfáltico para a obra, sua configuração permite que sejam feitos concretos com diferentes escalas granulométricas de agregados. Caso algum aspecto seja detectado e seja constatada a necessidade de modificar a proporção dos agregados, a mesma usina supre essa necessidade, ou seja, seus produtos são mais flexíveis.

A redução da distância entre o local de trabalho e a usina de concreto pode ser vista como melhoria em atividade de fluxo. Isto posto, seria interessante aliar com isso melhorias nas atividades de conversão, a fim de que o princípio *x* da construção enxuta (balancear melhoria do fluxo com melhoria da conversão) fosse empregado nesse tipo de obra. Sendo todos os trabalhos desenvolvidos na usina enquadrados como atividades de conversão, melhorias em sua forma de execução fariam com que esse conceito enxuto fosse aqui relacionado. Uma sugestão seria utilizar equipamentos mais eficientes e modernos na usina de massa asfáltica, buscando uma melhor execução da etapa de produção do composto utilizado na pavimentação.

- **ATIVIDADE 4: Controle de qualidade**

Descrição: Uma parte do controle de qualidade é realizada em um laboratório localizado junto da usina de processamento do concreto asfáltico. O laboratório, provido de equipamentos adequados, permite que sejam realizados vários ensaios no produto, necessários para a conferência de qualidade do mesmo. As amostras são extraídas de pontos locados a cada 200 metros na pista, ao longo do canteiro de obras, e são levadas até o laboratório, onde são realizados tais ensaios. Outra parte do controle acontece no próprio canteiro de obras, por meio da supervisão dos serviços. Porém, este controle não é tão eficiente, visto que nem sempre existem supervisores para todas as atividades desenvolvidas.

Comentários: O controle de qualidade, por si só, é uma ferramenta enxuta, por meio da qual é possível detectar possíveis erros e variação de qualidade nos produtos e, conseqüentemente, eliminar as fontes desses problemas. Dessa maneira, essa atividade pode ser relacionada ao princípio *ix* da LC (incorporar melhoria contínua ao processo), pois quando é realizada a conferência da qualidade dos produtos, vários aspectos envolvidos em sua produção podem ser aprimorados, aproximando esses itens de maiores níveis de qualidade. Como consequência disso, é possível relacionar essa atividades ao princípio *i* (reduzir a parcela de atividades que não agregam valor), pois reduzidas as fontes de baixa qualidade ou de erros no produto, a necessidade de descarte, que é uma fonte de perda e de conseqüente não-agregação de valor ao produto, também é reduzida.

Como a parcela mais efetiva do controle de qualidade acontece no laboratório e, portanto, distante dos funcionários que trabalham no canteiro de obras, muitas vezes problemas detectados são relatados a eles apenas para que seja realizada sua correção. No entanto, é interessante que essas pessoas tenham maior acesso aos resultados da aferição de qualidade, permitindo, assim, um entendimento mais aprofundado sobre os problemas e suas causas. Por isso, sugere-se a realização de reuniões informativas com todo o pessoal envolvido na obra rodoviária, propiciando que todos tenham acesso a todas as informações relativas ao que acontece na obra. Dessa maneira, as equipes teriam acesso tanto aos pareceres de suas atividades quanto aos dos demais grupos, podendo opinar e sugerir melhorias em todos os serviços. Assim, o princípio *vii* (aumentar a transparência do processo) poderia ser empregado.

- **ATIVIDADE 5: Estocagem de material na usina de concreto asfáltico**

A figura 12 mostra o local onde são armazenados os agregados utilizados na elaboração do concreto asfáltico. Os fornecedores desses materiais transportam-nos até a usina de concreto e os depositam em um pátio, formando amontoados das diferentes graduações dos agregados. Desses amontoados, os agregados são movidos para os reservatórios mostrados na figura 12. Esses reservatórios são, também, os dosadores da usina de asfalto, ou seja, cada um deles possui uma abertura que permite escoar os agregados na proporção correta para que sejam misturados e, assim, o concreto asfáltico seja produzido, o que pode ser observado na figura 13.



Figura 12: Estocagem de material na usina de concreto asfáltico



Figura 13: Reservatórios dosadores da usina de concreto asfáltico

Descrição: Na usina de concreto asfáltico que supre as obras no trecho da BR 158, os agregados permanecem estocados em terreno ao ar livre. Cada graduação de material compõe uma pilha e todas permanecem dispostas lado a lado. Destas pilhas, os agregados seguem para os recipientes dosadores (figuras 12 e 13), onde permanecem separados por divisórias simples. Os receptáculos devem armazenar diferentes graduações de agregados e, por isso, são separados entre si. No entanto, quando os materiais ainda estão nas pilhas em terreno aberto, é possível que se misturem, uma vez que acontece circulação de pessoas e de veículos pesados nessa área. A eventual mistura entre os materiais é indesejável para a qualidade do produto, uma vez que os agregados devem seguir uma escala granulométrica prevista em norma.

Comentários: Visto que os materiais, por exemplo, os agregados, são levados até a usina a partir de lugares variados e, por vezes, distantes da mesma, a eliminação por completo dos estoques é algo bastante delicado. A fonte mais próxima de agregados está localizada a cerca de 4 km da usina de concreto asfáltico, sendo assim, o volume desses estoques não pode ser igual a zero. Logo, estes depósitos funcionam como *buffers*, ou seja, como pequenas fontes de matéria-prima que podem dar início à produção em caso de falta de fornecimento de materiais. Na obra visitada, foi relatado que o fornecimento de agregados acontece quase que como num processo de *kanban*, isto é, quando os volumes dos *buffers* estão diminuindo, os fornecedores mandam novas cargas de agregados à usina. Nesse sentido, essa atividade pode ser relacionada, mesmo que muito sutilmente, ao princípio *viii* (focar no controle total do processo), uma vez que tanto fornecedores quanto produtores estão envolvidos no processo e existe uma cooperação entre eles para que o produto seja elaborado.

Pensando no armazenamento dos agregados no terreno aberto, onde acabam se misturando, seria interessante buscar outras maneiras de deixar esse material acondicionado. Uma maneira de fazê-lo pode ser encontrada ao analisar como são armazenados os materiais em outras usinas, de outras empresas. Essa atitude configuraria o conceito enxuto de fazer *benchmarking* (princípio *xi*).

A seguir, é apresentado um quadro resumo relacionando princípios da *Lean Construction* com as atividades observadas na obra das BR 158 utilizada como objeto

de estudo. O símbolo X indica aqueles princípios que foram identificados nas atividades e o símbolos P indica os princípios associados às sugestões propostas para cada uma delas.

ATIVIDADE	CONCEITOS DA LEAN CONSTRUCTION										
	i	ii	iii	iv	v	vi	vii	viii	ix	x	xi
1	X P	X									
2	X		X	X		P					P
3	X			X		X				P	
4	X						P		X		
5								X			P

Quadro 2: Quadro resumo dos conceitos *Lean* identificados e sugeridos em cada atividade da obra visitada

Sendo que os números de 1 a 5 e as letras de *i* a *xi* representam, respectivamente:

- 1) Alimentação dos funcionários
 - 2) Restauração do pavimento com adição de cimento Portland
 - 3) Usina de concreto asfáltico
 - 4) Controle de qualidade
 - 5) Estocagem de material na usina de concreto asfáltico
-
- i)* Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor
 - ii)* Aumentar o valor do produto através da consideração sistemática das necessidades dos clientes
 - iii)* Reduzir a variabilidade
 - iv)* Reduzir o tempo de ciclo
 - v)* Simplificar reduzindo o número de etapas, partes e ligações
 - vi)* Aumentar a flexibilidade dos produtos finais
 - vii)* Aumentar a transparência do processo
 - viii)* Focar no controle total do processo
 - ix)* Incorporar melhoria contínua ao processo
 - x)* Balancear melhoria do fluxo com melhoria da conversão
 - xi)* Fazer *benchmarking*

É possível perceber pela análise do quadro 2 que em todas as cinco atividades observadas e analisadas foi identificada a presença de pelo menos um princípio *Lean*. No entanto, alguns princípios não aparecem relacionados a nenhuma atividade. São eles: *v*, *vii*, *x* e *xi*.

No caso do princípio *xi*, fazer *benchmarking*, e do princípio *vii*, aumentar a transparência do processo, vale salientar que são princípios mais implícitos, isto é, a identificação dos dois é mais difícil, uma vez que só é possível identificá-los estudando mais a fundo o comportamento da empresa em relação a outras do mesmo ramo e, também, dos funcionários em relação às informações a que têm acesso.

Em se tratando do princípio *v*, simplificar reduzindo o número de etapas, partes e ligações, acredita-se ser de aplicação mais delicada, uma vez que o tipo de produto, por si só, exige a existência de várias etapas e partes. Os métodos de execução de pavimentações ainda consistem na execução de várias camadas para obtenção da capa asfáltica e, dessa maneira, a aplicação do princípio *v* em obras rodoviárias deve ser precedida pelo desenvolvimento de novos métodos de produção, por exemplo.

Por fim, analisando-se a não identificação do princípio *x*, balancear melhoria de fluxo com melhoria da conversão, acredita-se que isso acontece porque, da mesma maneira que os princípios *vii* e *xi*, a identificação desse conceito é mais minuciosa, sendo necessário uma análise mais íntima da empresa. Mas, além disso, presume-se que antes de ser possível balancear melhoria nesses dois tipos de atividade é necessário pleno conhecimento de que tarefas podem ser enquadradas como atividade de fluxo e de quais podem ser ditas de conversão. Para tanto, uma análise atenciosa de tudo que envolve uma obra rodoviária é essencial. Nesse caso, os profissionais envolvidos devem estar sempre atentos a essas atividades para então ser aplicável o princípio em questão.

Cabe salientar que a identificação dos princípios e suas relações com as atividades observadas pode ser diferente em cada obra rodoviária, mas que, em essência, esses preceitos são aplicáveis em todas, pois as atividades envolvidas na pavimentação são parecidas mesmo que em metodologias diferentes. Assim, em alguma outra obra rodoviária, por exemplo, podem ser identificados conceitos que no presente trabalho não foram relacionados a nenhuma atividade, bem como outros podem não ser identificados.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar a aplicação do modelo *Lean Construction* em canteiros de obras rodoviárias. Dessa maneira, foram identificados conceitos enxutos já presentes em atividades realizadas neste tipo de canteiro, propostas práticas enxutas e, também, foi avaliada a viabilidade da adoção de tal modelo de gestão.

Diferente do que se imaginava antes de realizar o estudo de campo, foi possível identificar vários conceitos *Lean* nas atividades observadas na BR 158. Dos onze princípios definidos por Koskela (1992), sete foram identificados nas atividades: *i* (reduzir a parcela de atividades que não agregam valor), *ii* (aumentar o valor do produto através da consideração sistemática das necessidades dos clientes), *iii* (reduzir a variabilidade), *iv* (reduzir o tempo de ciclo), *vi* (aumentar a flexibilidade dos produtos finais), *viii* (focar no controle total do processo) e *ix* (incorporar melhoria contínua ao processo). Salienta-se, entretanto, que os conceitos identificados no canteiro talvez ocorram ali de maneira casual, não necessariamente para serem práticas enxutas. O que acontece é que muitos conceitos do pensamento enxuto se assemelham com o que a maioria das empresas busca e elas acabam por desenvolver “comportamentos enxutos” como consequência.

No que tange às propostas de soluções enxutas para atividades do canteiro de obras rodoviárias, a estratégia foi avaliar aquilo que já acontece nos canteiros e, partindo dos princípios *Lean*, propor soluções enxutas. As propostas envolveram atitudes simples, mas que podem levar a melhorias profundas nos processos de produção. Dentre elas destaca-se o *benchmarking*, uma prática que talvez pareça simplória, mas que pode trazer maneiras mais eficientes de realizar tarefas dentro de qualquer processo produtivo. O *benchmarking* pode ser usado, no caso dos canteiros de obras rodoviárias, tanto na atividade de alimentação dos funcionários, quanto na reciclagem do pavimento propriamente dita, uma vez que esse princípio consiste em observar as mesmas atividades em outras empresas e adotar métodos aprimorados de executar as tarefas.

Além do *benchmarking*, foi proposto o emprego do princípio enxuto relativo à transparência do processo (princípio *vii*), sendo sugerida a aplicação de processos para a difusão de informações. Aumentar a transparência do processo consiste em

possibilitar o acesso de todos os envolvidos à informação relativa a todos os serviços. Isso possibilita que as equipes saibam das atividades que seus colegas realizam e, dessa maneira, fiquem cientes de tudo o que acontece em todas as etapas produção. Assim, os funcionários podem tomar conhecimento de erros e problemas que não estão relacionados à parcela do serviço que eles executam e, eventualmente, fazer sugestões de melhorias. Por vezes, a visão externa à atividade detecta incongruências de maneira mais rápida e eficaz e, por meio disso, possibilita a sugestão de melhorias no processo.

Quanto à viabilidade, é possível afirmar que sim, é viável a adoção desse modelo de gestão em obras rodoviárias. Como já citado anteriormente, sete dos 11 princípios enxutos foram identificados nas atividades da BR 158, mesmo que ocorram sem a intenção de que as práticas sejam enquadradas como *Lean Construction*. Esse fato pode ser visto como potencial para o emprego da mentalidade enxuta de maneira formal nos canteiros de obras rodoviárias. Destaca-se que o desejo de produção mais eficiente presente nas empresas é um ponto crucial e deve ser fortalecido. Se o objetivo for bem traçado e todos o tiverem em mente, um grande passo para o emprego formal do *Lean Construction* já existe. Em contraponto, muitos aspectos devem ser trabalhados para isso, como, por exemplo, os conceitos de desperdício. É necessário que todos os envolvidos nos processos compreendam que desperdício não é apenas de material, mas pode ser de tempo ou de mão-de-obra. Tempos de espera são desperdício. Mão-de-obra parada também o é. A partir do momento que conceitos como esse são compreendidos, é possível pensar na adoção do modelo enxuto nas obras rodoviárias.

Por meio da visita e das observações realizadas no trecho da BR 158, foi possível perceber que o *Lean Construction* consiste em um modelo de gestão ainda desconhecido pela maioria das pessoas que atuam em obras rodoviárias. Esse era um resultado já esperado, uma vez que a própria bibliografia brasileira a respeito do tema é bastante escassa. Assim, antes que seja adotado o maior número de princípios da *Lean Construction* nessas obras, é necessário que os profissionais envolvidos com as atividades desenvolvam um conhecimento aprofundado do tema, visto que, como ressalta Liker (2007), adotar o STP é muito mais do que utilizar uma lista de ferramentas. A difusão dos conceitos *Lean* pode acontecer por meio da participação em cursos e seminários, tanto daqueles que efetivamente trabalham nos canteiros de obras quanto daqueles que concebem os projetos e a logística dos canteiros. Quanto

mais informações esses profissionais obtiverem, maior o potencial de adoção desse modelo no dia-a-dia das obras.

O STP é um sistema e, para que bons resultados sejam obtidos, é necessário que várias atitudes sejam tomadas em conjunto com o emprego das ferramentas e dos conceitos do pensamento enxuto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB 1367**: Áreas de vivência em canteiros de obras. Rio de Janeiro, 1991.
- BALDIM, Juliana Ramos. **Planejamento de canteiros de obras rodoviárias**. São Carlos, 2011. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de São Carlos.
- BALLARD, Glenn; HOWELL, Greg. *Implementing lean construction: Stabilizing work flow*. In: ALARCÓN, Luis (Ed.) **Lean construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997. p.101–110. Disponível em: < <https://goo.gl/F8NNdr> > Acesso em: 07 mai. 2017.
- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/ Logística Empresarial**. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- BERTELSEN, Sven; KOSKELA, Lauri. **Construction beyond lean: a new understanding of construction management**. In: *12th annual conference in the International Group for Lean Construction*. Elsinore, Dinamarca, 2004.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2016: relatório gerencial**. 20.ed. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2016.
- DEL PRETTE, Lucas; ZANIN, Maria. **Aplicação de princípios de sustentabilidade na pesquisa sobre reciclagem de materiais**. In: III Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. São Carlos, 2003.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **Pavimentação: Pinturas asfálticas. Especificação de Serviços Rodoviários. ES-P 17/05**. DER/PR, 2005.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Condições das Rodovias**. Disponível em < <https://goo.gl/p2eU7J> > Acesso em: 30 set, 2017.
- FERREIRA, Victor Cláudio Paradela; CARDOSO, Antonio Semeraro Rito; CORRÊA, Carlos José; FRANÇA, Célio Francisco. **Série gestão de pessoas: Modelos de gestão**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2009. Disponível em: < <https://goo.gl/RC2nxx> > Acesso em: 05 mai. 2017.
- 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, 2002.
- FORMOSO, Carlos T.; DE CESARE, Cláudia M.; LANTELME, Elvira M. V.; SOIBELMAN, Lucio. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Porto Alegre, 1997 – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FREITAS, Saulo Joaquim de. **Avaliação da estabilidade, capacidade e implantação de práticas Lean em obras de infraestrutura e pavimentação**. Porto Alegre, 2015. Dissertação (Mestrado). – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GARRIDO, Jose Salvatierra. PASQUIRE, Christine. THORPE, Tony. **Critical Review of the concept of value in Lean Construction theory**. In: *Proceedings of 18th International Group for Lean Construction Conference*. Israel, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

HINES, Peter. RICH, Nick. **The seven value stream mapping tools**. *Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School, Cardiff*, Reino Unido, 1997.

ILLINGWORTH, John Rodger. **Construction: methods and planning**. Londres, Inglaterra: E&FN Spon, 1993. Disponível em: <<https://goo.gl/swVsqJ>> Acesso em: 27 mar. 2017.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new philosophy to construction**. Stanford, Estados Unidos: *Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE)*, 1992.

LIKER, Jeffrey K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Educação profissional: Referenciais curriculares nacionais da educação profissional de nível técnico. Área profissional: Construção Civil**. Brasília, 2000.

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

PENEIROL, Nelson Luís Sampaio. **Lean Construction em Portugal: Caso de estudo de implementação do sistema de controlo da produção Last Planner**. Lisboa, 2007. Dissertação (Mestrado). – Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa.

RAMOS, João Nuno Gaio. **Estudo da adequabilidade e benefícios da Lean Construction às obras rodoviárias**. Lisboa, 2011. Dissertação (Mestrado). – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa.

SAURIN, Tarcísio Abreu; FORMOSO, Carlos Torres. **Recomendações Técnicas HABITARE. Volume 3: Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos**. Porto Alegre: ANTAC, 2006.

SILVA, Jerônimo Machado. **Planejamento e controle da produção em obras rodoviárias: Estudo de caso: Recuperação da BA-504, ENT. BR 116 – Irapá**. Feira de Santana, 2012. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Estadual de Feira de Santana.

VIEIRA, Helio Flavio. **Logística aplicada à Construção Civil: Como melhorar o fluxo de produção nas obras**. São Paulo: Editora Pini, 2006.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. ***Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation***. Nova Iorque, Estados Unidos: *Free Press*, 1998. Disponível em: < <https://goo.gl/Td5Rwt> > Acesso em: 18 mai. 2017.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. 11. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.