

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA**  
**CAMPUS SANTA BÁRBARA D'OESTE**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**MODELO DE MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR VOLTADO  
PARA LEAN AND GREEN CONSTRUCTION**

**MARIANA CAMPOS BRAVO THOMAZ**

**ORIENTADOR: PROF. DR. ANDRÉ LUIS HELLENO**

**SANTA BÁRBARA D'OESTE**

**2019**

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA**  
**CAMPUS SANTA BÁRBARA D'OESTE**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**MODELO DE MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR VOLTADO  
PARA LEAN AND GREEN CONSTRUCTION**

**MARIANA CAMPOS BRAVO THOMAZ**

**ORIENTADOR: PROF. DR. ANDRÉ LUIS HELLENO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Campus Santa Bárbara d'Oeste, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2019

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP  
Bibliotecária: Joyce Rodrigues de Freitas - CRB-8/10115.

B826m	<p>Bravo, Mariana Campos</p> <p>Modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor voltado para Lean and Green Construction/ Mariana Campos Bravo Thomaz. – 2019. 131 f.: il.; 30 cm</p> <p>Orientador: Prof. Dr. André Luís Helleno. Dissertação (Mestrado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Engenharia de Produção, Santa Bárbara d'Oeste, 2019.</p> <p>1. Sustentabilidade. 2. Mapeamento de fluxo verde. 3. Construção enxuta. I. Bravo, Mariana Campos . II. Título.</p> <p>CDD – 620</p>
-------	---

*“Sempre que há um produto para um cliente há um fluxo de valor.  
O desafio é enxergá-lo.”*

Mike Rooter & John Shook

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, sobre todas as coisas, à Deus por me conduzir em seus caminhos durante esta jornada;

Ao meu orientador Prof. Dr. André Luis Helleno por acreditar junto comigo que a construção civil também pode ser *lean* e me proporcionar um caminho sustentável à área acadêmica;

Aos meus professores da UNIMEP, Eliciane Maria da Silva, Antônio Coutinho, Fernanda Cagnin, pela orientação e apoio a causa da pesquisa;

Aos professores que aceitaram compor a banca examinadora;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, responsável por partes dos recursos em forma de bolsa de fomento, que propiciaram minha participação nesse curso;

Aos meus pais, Ismael Bravo e Silvia Bravo por serem a minha eterna referência e porto seguro em todas as decisões da minha vida. Aos meus irmãos, Henrique e Luiza, pela fraternidade de nascença e paciência. A minha amiga, Natalia por acreditar no sucesso desta empreitada.

Ao meu companheiro, melhor amigo, amor da minha vida, Diego Thomaz, por toda a paciência ao me ouvir falar dos desdobramentos e frutos desta pesquisa, e acreditar no valor destes à construção civil.

Aos meus amigos da pesquisa, José Carlos Meca Vital, Maria Julia Xavier, Tiago Dantas, Daniel Velásquez, Lorena Hernández, por serem maravilhosos colaboradores. À Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UNIMEP, em especial à Marta Bragaglia pelo apoio e carinho de sempre.

BRAVO, Mariana Campos. **Modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor voltado para *Lean and Green Construction***. 2019. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Campus Santa Bárbara d'Oeste, Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, Santa Bárbara d'Oeste, SP.

## RESUMO

A construção civil é o setor da economia responsável pela execução de infraestrutura que, de forma significativa, consome em seus processos recursos naturais e apresenta baixa produtividade. Neste ambiente, surge uma filosofia de produção com foco em redução de desperdícios atrelada ao consumo consciente dos recursos naturais e a diretrizes socioeconômicas, denominada *Lean and Green Construction*. Proporcionando ferramentas *Lean* direcionadas a sustentabilidade, entre tais o Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável, já utilizada na indústria da manufatura, pode viabilizar a redução de desperdícios e contribuição para a melhoria dos indicadores sustentáveis na construção civil. Em vista disso, este trabalho tem como objetivo propor um modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor Sustentável direcionado a obras da construção civil, com indicadores que possam refletir a produtividade e a sustentabilidade simultaneamente. O método de pesquisa adotado refere-se a uma revisão de literatura destinada a identificar tais indicadores para um modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor, assim como a aplicação deste modelo por meio de um estudo de caso em uma obra de edificação imobiliária. Como resultado destaca-se que o modelo desenvolvido, permitiu identificar os desperdícios da obra através dos indicadores de sustentabilidade: econômico (produtividade), ambientais (consumo de água, energia elétrica e geração de resíduos) e sociais (acidentes, absenteísmo e treinamento) de forma clara aos profissionais da obra, tornando este aplicável em obras de construção civil durante a fase executiva.

**Palavras-chave:** Indicadores de sustentáveis, Construções verdes, Sustentabilidade, Mapeamento do Fluxo de Valor Verde, Construção Enxuta, Resíduos na construção civil.

BRAVO, Mariana Campos. ***Lean and Green Construction Value Stream Mapping Model***. 2019. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Campus Santa Bárbara d'Oeste, Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, Santa Bárbara d'Oeste, SP.

### **ABSTRACT**

*Civil construction is the economy sector responsible for the execution of infrastructure in which, significantly, consumes natural resources in its processes and exposes low productivity. In this context, a production philosophy with a focus on waste reduction emerges linked to the conscious consumption of natural resources and socioeconomic guidelines, denominated Lean and Green Construction. Providing sustainability-oriented lean tools, such as Sustainable Value Stream Mapping, already used in the manufacturing industry, can enable waste reduction and contribute to the improvement of sustainable indicators in construction. In view of the above, this paper aims to propose a Sustainable Value Stream Mapping model directed at civil works, with indicators that can reflect productivity and sustainability simultaneously. The research method selected refers to a literature review intended at identifying such indicators for a Value Stream Mapping model, as well as the application of this model through a case study in a real estate building work. Main result, it is highlighted that the developed model, allowed to identify the waste of the work through the sustainability indicators: economic (productivity), environmental (water consumption, electricity and waste generation) and social (accidents, absenteeism and training), clearly to the construction professionals, becoming applicable to civil works during the executive phase.*

**Keywords:** *Sustainable Performance Indicators, Green building, Sustainable, Value Stream Mapping Green, Lean Construction, Waste in Construction.*

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>X</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>I</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>III</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>IV</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>V</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. OBJETIVO DA PESQUISA .....	3
1.2. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA .....	4
1.3. MÉTODO DE PESQUISA.....	9
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	11
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
2.1. <i>Lean and Green Construction</i> .....	13
2.1.1. <i>LEAN CONSTRUCTION</i> .....	13
2.1.2. <i>Green Construction</i> .....	18
2.1.3. <i>Práticas Sustentáveis para a Construção Civil</i> .....	26
2.2. <i>Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável</i> .....	33
2.2.1. <i>Mapeamento do Fluxo de Valor</i> .....	33
2.2.2. <i>Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável</i> .....	38
<b>3. ABORDAGEM METODOLÓGICA</b> .....	<b>45</b>
3.1. <i>Classificação da Pesquisa</i> .....	45
3.2. <i>Etapas do Desenvolvimento da pesquisa</i> .....	46
3.3. <i>Definição da Estrutura Conceitual Teórica</i> .....	48
3.4. <i>Planejamento do caso</i> .....	50
3.5. <i>Desenvolvimento do Modelo</i> .....	56
3.6. <i>Coleta de Dados</i> .....	56
3.7. <i>Análise dos Dados Obtidos</i> .....	68
3.8. <i>Geração do relatório de pesquisa</i> .....	68
<b>4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO</b> .....	<b>69</b>
4.1. <i>Desenvolvimento preliminar do Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável</i> .....	69
4.2. <i>Desenvolvimento do Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável</i> .....	75
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>79</b>
5.1. <i>Análise dos resultados obtidos</i> .....	79
5.1.1. <i>Estado Atual</i> .....	79
5.1.1.1. <i>Coleta dos dados</i> .....	79
5.1.1.2. <i>Elaboração do Estado Atual</i> .....	84
5.1.2. <i>Estado Futuro</i> .....	91
<i>Pode-se visualizar o Estado Atual, conforme disposto na Figura 45:</i> .....	93
5.1.3. <i>Estado Atual X Estado Futuro</i> .....	95
5.2. <i>Modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor Consolidado</i> .....	98



5.3.	<i>Diagnóstico dos usuários</i> .....	98
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>101</b>
6.1.	<i>Conclusões</i> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.2.	<i>Recomendações para trabalhos futuros</i> .....	103
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>104</b>
	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>112</b>
	<i>APÊNDICE A – E-mail de solicitação para aplicação da ferramenta: Fluxo de Valor Verde</i> 113	
	<i>APÊNDICE B – Procedimento de Uso Operacional: Fluxo de Valor Verde</i> .....	114

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PIB BRASIL X PARCELA DO PIB DO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL (VARIAÇÃO %) – 2004 A 2018.....	4
FIGURA 2 – FATORES QUE AFETARAM A PRODUTIVIDADE DAS EMPRESAS NOS ÚLTIMOS CINCO ANOS .....	6
FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DOS OCUPADOS POR ESCOLARIDADE, SEGUNDO GRUPAMENTO DE ATIVIDADE NO BRASIL - 3º TRIMESTRE DE 2016 (EM %) .....	7
FIGURA 4 - ESTRUTURA LÓGICA DA PESQUISA.....	9
FIGURA 5 - ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO - ESTUDO DE CASO .....	10
FIGURA 6 - PRODUÇÃO COMO UM PROCESSO DE FLUXO .....	14
FIGURA 7 - EVOLUÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE MANUFATURA (EVOLUTION OF MANUFACTURING STRATEGIES) .....	19
FIGURA 8 - ETAPAS DO CICLO DE VIDA DE UMA EDIFICAÇÃO.....	22
FIGURA 9 - FERRAMENTAS LEAN AND GREEN SOB OS DESPERDÍCIOS .....	32
FIGURA 10 - CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA CIENTÍFICA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO ...	45
FIGURA 11 - ETAPAS PARA A CONDUÇÃO DO ESTUDO DE CASO .....	47
FIGURA 12 – CRONOGRAMA PARA TÍPICO PARA IMPLANTAÇÃO DO FLUXO VERDE DE VALOR ..... <b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>	
FIGURA 13 - MODELO DE ATA DE REUNIÃO .....	58
FIGURA 14 - MODELO DE RELATÓRIO FOTOGRÁFICO.....	59
FIGURA 15 - MODELO DE FORMULÁRIO PARA OBSERVAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE NO ESTADO ATUAL - COLETA DE DADOS (FOLHA 1/2).....	60
FIGURA 16 - MODELO DE FORMULÁRIO PARA OBSERVAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE NO ESTADO ATUAL - COLETA DE DADOS (FOLHA 2/2).....	60
FIGURA 17 - MODELO DE PESQUISA SOBRE O USO DO FLUXO DE VALOR VERDE - PRIMEIRO MOMENTO (FOLHA 01/03) .....	62
FIGURA 18 - MODELO DE PESQUISA SOBRE O USO DO FLUXO DE VALOR VERDE - PRIMEIRO MOMENTO (FOLHA 02/03) .....	63
FIGURA 19 - MODELO DE PESQUISA SOBRE O USO DO FLUXO DE VALOR VERDE – PRIMEIRO MOMENTO (FOLHA 03/03) .....	64
FIGURA 20 - MODELO DE PESQUISA SOBRE O USO DO FLUXO DE VALOR VERDE – SEGUNDO MOMENTO (FOLHA 01/03).....	65

FIGURA 21 - MODELO DE PESQUISA SOBRE O USO DE FLUXO DE VALOR VERDE - SEGUNDO MOMENTO (FOLHA 02/03).....	66
FIGURA 22 - MODELO DE PESQUISA SOBRE O USO DO FLUXO DE VALOR VERDE - SEGUNDO MOMENTO (FOLHA 03/03).....	67
FIGURA 23 - ÍCONES E SÍMBOLOS PARA MAPEAMENTO DOS ESTADOS ATUAL E FUTURO ....	70
FIGURA 24 - MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR SUSTENTÁVEL .....	72
FIGURA 25 - MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR VERDE: PROTÓTIPO EM QUADRO METÁLICO .....	73
FIGURA 26 - MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR VERDE: LEGENDA DO PROTÓTIPO EM QUADRO METÁLICO .....	73
FIGURA 27 - MODELO DO FLUXO DE VALOR VERDE - ESTADO ATUAL .....	75
FIGURA 28 - MODELO DO FLUXO DE VALOR VERDE - ESTADO FUTURO.....	76
FIGURA 30 - ÍCONES PARA O FLUXO DE VALOR VERDE .....	77
FIGURA 31 - DISPOSIÇÃO DOS FORMULÁRIOS E PROCEDIMENTOS .....	78
FIGURA 32 - CRONOGRAMA DA OBRA XYZ .....	80
FIGURA 33 - OBSERVAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE - TAREFA: MARCAÇÃO DA PRIMEIRA FIADA.....	85
FIGURA 34 - OBSERVAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE NO ESTADO ATUAL - TAREFA: MARCAÇÃO DE PRIMEIRA FIADA.....	86
FIGURA 35 - IDENTIFICAÇÃO DA MÃO DE OBRA .....	86
FIGURA 36 - CLASSIFICAÇÃO PRODUTIVA DAS HORAS .....	87
FIGURA 37 - CAMPO PARA APONTAMENTO DAS HORAS .....	87
FIGURA 38 - INDICADORES ECONÔMICOS (PRODUTIVIDADE) .....	88
FIGURA 39 - INDICADORES AMBIENTAIS.....	88
FIGURA 40 - INDICADORES SOCIAIS.....	89
FIGURA 41 - FLUXO DE VALOR VERDE - ESTADO ATUAL ... <b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>	
FIGURA 42 - FLUXO DE VALOR VERDE - ESTADO ATUAL .....	90
FIGURA 43 - QUADRO PARA ACOMPANHAMENTO DAS METAS MENSAS .....	91
FIGURA 44 - LEVANTAMENTO DE MATERIAIS PARA ESTADO FUTURO.....	92
FIGURA 45 - FLUXO DE VALOR VERDE - ESTADO ATUAL .....	94

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - BUSCA POR ARTIGOS ATRAVÉS DAS PALAVRAS-CHAVES .....	49
TABELA 2 - RESUMO DA PESQUISA .....	50

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - DESPERDÍCIOS E SEUS IMPACTOS VERDES E SOCIAIS.....	20
QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS .....	25
QUADRO 3 - INDICADORES SUSTENTÁVEIS RECOMENDADOS EM REFERENCIAIS E NORMAS PARA GESTÃO DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS (EDIFICAÇÕES IMOBILIÁRIAS) .....	28
QUADRO 4 - SUMARIZAÇÃO DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE .....	34
QUADRO 5 - PRINCÍPIOS LEAN CONSTRUCTION DIRECIONADOS AO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR.....	37
QUADRO 6 - INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE.....	39
QUADRO 7 - COMPARAÇÃO DE INDICADORES.....	40
QUADRO 8 - INDICADORES AMBIENTAIS .....	41
QUADRO 9 - INDICADORES SOCIAIS.....	42
QUADRO 10 - INDICADORES ECONÔMICOS.....	42
QUADRO 11 - CARACTERÍSTICAS DA OBRA EM ESTUDO.....	53
QUADRO 12 - PANORAMA DA ATIVIDADE CRÍTICA.....	53
QUADRO 13 - PROTOCOLO PARA COLETA DE DADOS .....	54
QUADRO 14 - SUMARIZAÇÃO DOS INDICADORES SUSTENTÁVEIS ..... <b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>	
QUADRO 15 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	81
QUADRO 16 - PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS NA EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	82
QUADRO 17 - RESUMO DAS TAREFAS.....	84
QUADRO 18 - PREVISÃO DOS TEMPOS PARA EXECUÇÃO DAS TAREFAS - ESTADO FUTURO .	92
QUADRO 19 - RESULTADOS DOS INDICADORES ECONÔMICOS - ESTADO ATUAL.....	95
QUADRO 20 - RESULTADO DOS INDICADORES AMBIENTAIS - ESTADO ATUAL .....	96
QUADRO 21 - RESULTADO DOS INDICADORES SOCIAIS - ESTADO ATUAL .....	96
QUADRO 22 - OPORTUNIDADES DE MELHORIAS EVIDENCIADAS APÓS A APLICAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE .....	98

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	- Agência Nacional de Águas
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBCS	- Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CBIC	- Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CEAA	- Contas Econômicas Ambientais da Água
CIESP	- Centro das Indústrias do Estado de São Paulo
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNAE	- Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNI	- Confederação Nacional da Indústria
DIEESE	- Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
EPE	- Empresa de Pesquisa Energética
FIESP	- Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
ONU	- Organização das Nações Unidas
PAIC	- Pesquisa Anual da Indústria da Construção
PBQP-H	- Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
PMI	- <i>Project Management Institute</i>
PNUMA	- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
SINDUSCON	- Sindicato da Indústria da Construção Civil
SRHQ	- Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental
VSM	- <i>Value Stream Mapping</i>

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira que pode ser utilizado como indicativo de crescimento econômico e social (IBGE, 2016). Que sofre com a incerteza e variabilidade devido à baixa produtividade, falta de segurança no ambiente de obra, qualidade deficitária e peculiaridades construtivas, como complexidade e temporalidade dos projetos de construção (ABBASIAN-HOSSEINI *et al.*, 2014).

De acordo com uma pesquisa realizada pela CNI (Confederação Nacional da Indústria) e pela CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção), 47% das empresas do setor avaliam que a qualidade da mão de obra impacta negativamente na produtividade das atividades (CNI; CBIC, 2013). Ainda no que tange a mão de obra, segundo o IBGE (2016) esta é a maior fonte de despesa nos empreendimentos do setor da construção civil, seguido dos materiais para construção.

Outro impacto negativo do setor da construção civil é o impacto ambiental causado pelo intenso consumo de recursos naturais e seus resíduos têm representado um grande problema para ser administrado (MMA, 2012).

Sucintamente, o impacto ambiental deste setor pode ser visto em toda a sua cadeia produtiva: extração de matérias primas; manufatura de materiais; logística; execução de obras; práticas de uso e manutenção; demolição/desmontagem ao final da vida útil; além de todo o resíduo gerado ao longo do período de uso da estrutura (AGOPYAN *et al.*, 2016). De todo o resíduo sólido gerado no planeta, 35% correspondem a resíduos da construção civil (FREITAS; MAGRINI, 2017).

Analisando o impacto ambiental em relação ao uso da água, o setor da construção civil, pertence à segunda maior atividade econômica consumidora de água com 11,3% do total do consumo nacional (ANA; IBGE; SRHQ, 2018). No

panorama do consumo de energia elétrica, segundo a EPE (Empresa de Pesquisa Energética), o setor consumiu em 2017, 0,41% de todo o consumo da indústria nacional (EPE, 2018).

Mediante aos impactos negativos provenientes da forma de produção tradicional na construção civil e a aplicação bem sucedida da filosofia *Lean Manufacturing* na indústria da manufatura, pesquisadores viram-se motivados a aplicar as ferramentas *Lean Construction* (ABBASIAN-HOSSEINI *et al.*, 2014).

A necessidade de minimizar os desperdícios que causam impactos ambientais nos processos da indústria de manufatura, levaram a sustentabilidade para a produção (SILVA *et al.*, 2016). O uso de ferramentas para desenvolver estratégias produtivas mais sustentáveis tem sido exploradas por intermédio do *Lean and Green Manufacturing* (FAULKNER; BADURDEEN, 2014), (HELLENO *et al.*, 2017), (VERRIER *et al.* 2016). A crescente atenção às questões sustentáveis tem chegado aos empreendimentos e edificações sustentáveis e, assim como na indústria da manufatura o setor da construção civil tem explorado as vantagens econômicas, sociais e ambientais por meio de práticas *Lean and Green* (ALMEIDA, PICCHI, 2018; FRÖCH, 2015; KAUSKALE *et al.*, 2017).

A evolução dos conceitos relacionados a sustentabilidade levou a integração ao *Lean*, criando o *Lean and Green Manufacturing*. Para a construção civil, enquanto o *Lean* pode promover melhorias em prazo e custo da obra, da mesma forma pode impactar sobre a sustentabilidade com a redução de impactos ambientais e sociais (SONG; LIANG, 2011). Gerando ferramentas voltadas para a produção sustentável, como o Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável (*Value Stream Mapping – Sustainable*) que por meio de indicadores de desempenho e ícones ilustrativos, os estados atuais e futuros podem ser discutidos entre todos os envolvidos nas atividades operacionais de forma clara e objetiva.

A integração de indicadores sustentáveis baseados no *Triple Bottom Line* na ferramenta VSM (*Value Stream Mapping*) ou Mapeamento de Fluxo de Valor que



ajuda a enxergar o movimento das informações e materiais ao passo que o processamento do produto segue o seu fluxo de valor (ROTHER, SHOOK, 2012), dispõe o Sus-VSM (*Sustainable Value Stream Mapping*) ou Mapeamento de Fluxo de Valor Sustentável como produto dos aspectos *Lean and Green* (VERRIER *et al.*, 2016).

O Mapeamento do Fluxo de Valor utiliza a elaboração de mapas que auxiliam os gestores a visualizar o estado atual do fluxo da produção para propor melhorias em um estado futuro, considerando as dificuldades e problemas existentes (ROSENBAUM *et al.*, 2013).

Considerando a evolução e contribuição do Mapeamento do Fluxo de Valor aplicada aos processos de manufatura e que este tema ainda está em aperfeiçoamento na construção civil, surge uma lacuna a ser pesquisada que é a aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável na construção civil.

No entanto as particularidades das operações e desperdícios faz com que seja necessário a proposição de um novo modelo de Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável com indicadores econômicos, ambientais e sociais adaptados a construção civil.

Nesse sentido surge a pergunta de pesquisa: quais indicadores devem compor um modelo de Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável que possa ser aplicado em obras da construção civil, e ainda quais os benefícios deste modelo na identificação dos desperdícios e contribuições para a geração de projetos de melhorias?

### **1.1. OBJETIVO DA PESQUISA**

O objetivo geral desta pesquisa é propor um modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor Sustentável para aplicação em obras do setor da construção civil voltado para práticas *Lean and Green Construction*.

Para atingir este objetivo geral deve-se ser alcançado os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os indicadores de sustentabilidade relacionados com a construção civil;
- Identificar as características de aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável em uma obra.

## 1.2. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A construção civil é uma indústria de transformação que possui valiosa atuação na economia dos países, a destacar a geração de empregos e a contribuição direta dos setores econômicos produtores de matérias-primas, equipamentos e serviços para seus respectivos processos produtivos (PAZ; LAFAYETTE, 2016).

No entanto, analisando o desempenho econômico do setor da construção civil no Brasil, nota-se o quinto ano seguido de queda na parcela do PIB (Produto Interno Bruto) que tange ao setor da construção civil (Figura 1):

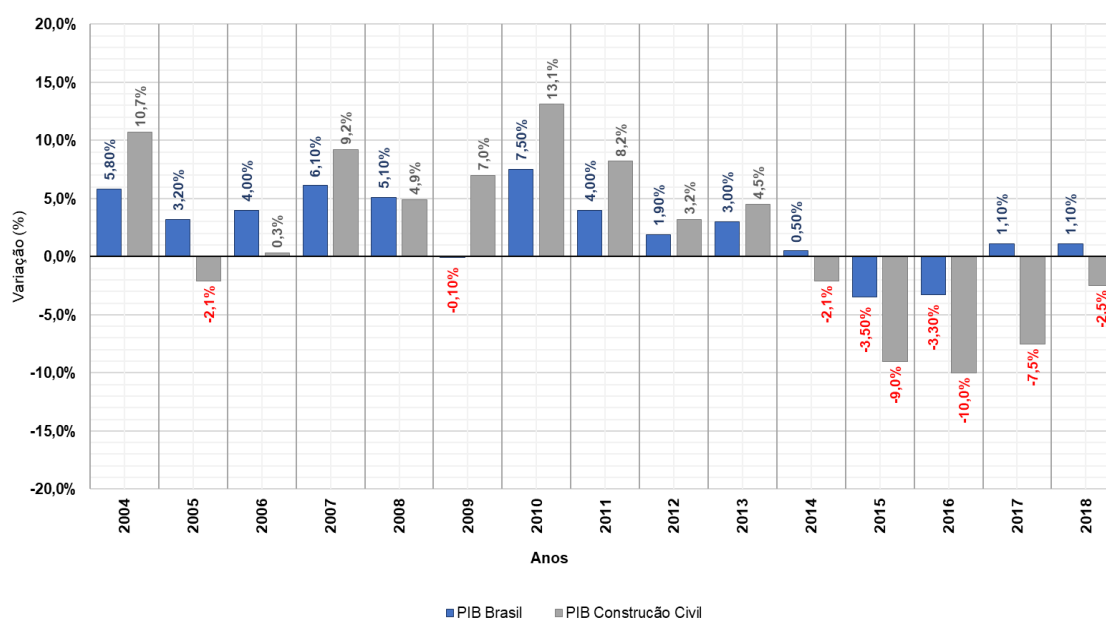


FIGURA 1 - PIB BRASIL X PARCELA DO PIB DO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL (VARIAÇÃO %) – 2004 A 2018

FONTE: CBIC, (2019)

Mesmo diante deste cenário, durante o ano de 2016, incorporações, obras e serviços da construção ainda movimentaram R\$ 318,70 bilhões, segundo o IBGE (2016). Ainda assim, o setor da construção civil sofre com aumento do desemprego, fechamento de postos de trabalho, aumento da informalidade e queda nos rendimentos (DIEESE, 2018).

Mediante ao contexto econômico exposto, a produtividade no setor sofre impacto imediato. De acordo com uma pesquisa realizada pela CNI e CBIC (2013), entre empresas do setor da construção civil, o fator que mais impacta negativamente na produtividade (Figura 2) é a “qualidade da mão de obra”, por outro lado, a “qualidade e atualização tecnológica dos equipamentos da empresa” e o “método de gestão” foram os fatores que contribuíram positivamente para a produtividade das empresas. Nesta pesquisa os valores acima dos 50 pontos indicam que o fator avaliado pelas empresas impactou a sua produtividade positivamente e abaixo dos 50 pontos o impacto negativo na produtividade, como mostra na Figura 2.

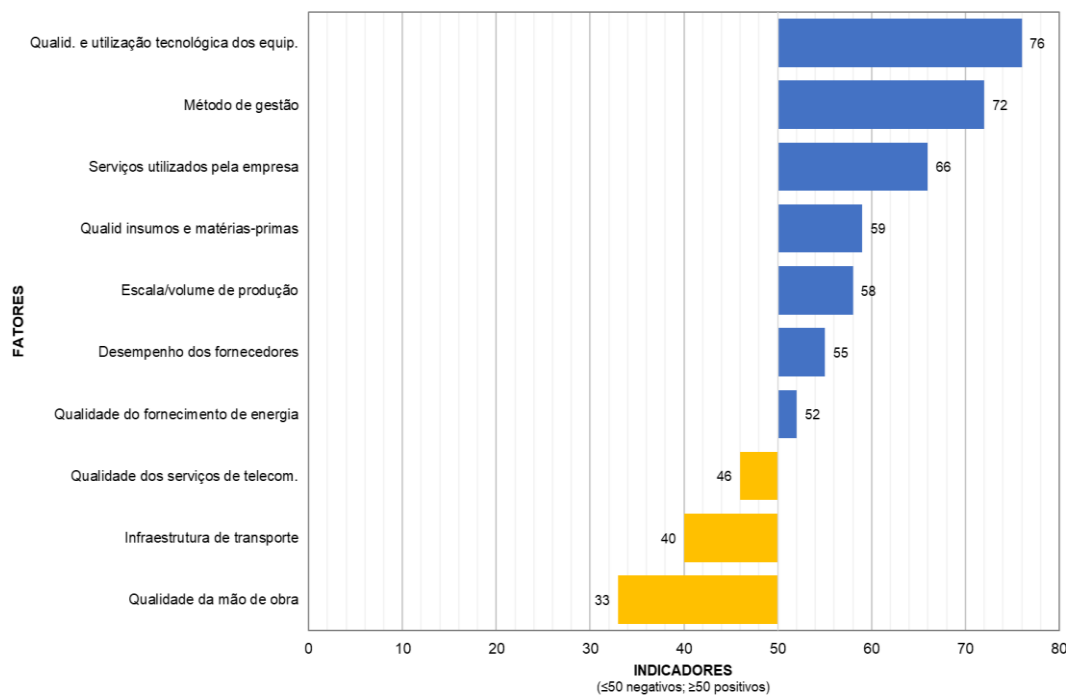


FIGURA 2 – FATORES QUE AFETARAM A PRODUTIVIDADE DAS EMPRESAS NOS ÚLTIMOS CINCO ANOS

FONTA: CNI, CBIC (2013)

Outro desafio para o setor, refere-se à qualificação da mão de obra, na qual a o maior contingente de ocupação no Brasil, concentra-se na mão de obra com escolaridade fundamental incompleto ou equivalente, apresentado na Figura 3:

Grupamento de atividade	Sem instrução	Fundamental incompleto ou equivalente	Fundamental completo ou médio incompleto	Médio completo ou superior incompleto	Superior completo	Total	
						Em %	Em números absolutos
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	30,9%	22,3%	9,6%	3,7%	1,2%	10,0%	9.020.922
Indústria geral	10,3%	12,1%	14,7%	14,7%	9,6%	12,9%	11.576.505
<b>Construção</b>	<b>12,9%</b>	<b>14,2%</b>	<b>10,6%</b>	<b>5,3%</b>	<b>1,9%</b>	<b>7,9%</b>	<b>7.140.251</b>
Comércio, reparação de veículos automotores e motocicletas	14,4%	15,1%	22,4%	24,6%	11,1%	19,0%	17.092.514
Transporte, armazenagem e correio	3,8%	5,1%	6,3%	5,9%	2,2%	5,0%	4.495.655
Alojamento e alimentação	5,2%	5,8%	7,6%	5,5%	1,9%	5,2%	4.684.003
Informação, comunicação e atividades financeiras, imobiliárias, profissionais e administrativas	4,1%	4,0%	6,3%	11,9%	22,1%	10,7%	9.573.507
Administração pública, defesa e seguridade social	1,9%	2,2%	2,9%	6,5%	12,7%	5,8%	5.253.467
Educação, saúde humana e serviços sociais	2,1%	2,4%	4,1%	11,6%	33,0%	11,7%	10.496.074
Outros serviços	2,4%	3,5%	5,8%	6,0%	3,9%	4,8%	4.307.862
Serviços domésticos	12,0%	13,1%	9,7%	4,3%	0,3%	6,9%	6.186.254
Atividades mal definidas	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7.595

FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DOS OCUPADOS POR ESCOLARIDADE, SEGUNDO GRUPAMENTO DE ATIVIDADE NO BRASIL - 3º TRIMESTRE DE 2016 (EM %)

FONTE: DIEESE (2017b)

Considerando a distribuição por escolaridade dos profissionais do setor da construção civil, as informações para a execução de projetos e empreendimentos devem ser detalhadas e dispostas de forma que possam ser claramente compreendidas, evitando assim desperdícios operacionais. Para tanto as ferramentas de gestão devem ser visuais e expostas no ambiente de trabalho, de forma que quaisquer profissionais envolvidos nas atividades operacionais possam extrair as informações necessárias (TEZEL *et al.*, 2016).

Os impactos ambientais e a falta de eficiência produtiva do setor provocam desperdícios que podem ser notados durante a execução da obra, como apresentados nos exemplos:

- Movimentação e transporte: a falta de organização dos postos de trabalho e um plano logístico ideal, ocasiona movimentação excessiva de trabalhadores, materiais e equipamentos no canteiro.
- Estoque: com o objetivo de diminuir custos durante a aquisição de matéria-prima, podem ser acordadas entregas em grandes lotes. Neste

cenário o controle da validade dos materiais, podendo gerar o descarte do material antes da sua aplicação. Estes materiais descartados contabilizam o volume de resíduos da obra e o descarte também gera custos, inicialmente não previstos.

- **Retrabalho:** quando não se tem o mapeamento do projeto de forma clara, com a sequência das etapas produtivas, o retrabalho pode surgir com a falta de terminalidade de uma tarefa predecessora e o início da tarefa seguinte sem o cumprimento dos requisitos mínimos de projeto e qualidade. Retrabalhos geram resíduos e dependendo do processo produtivo novo consumo de energia elétrica e água.

No entanto, o forte impacto econômico em toda a cadeia produtiva da construção civil no Brasil, pode ser a oportunidade das empresas do setor se reestruturarem, cortar custos e se reinventar para se manterem no mercado, se preparando para o próximo período de alta (GODOY *et al.*, 2017). Destacando que a redução de custo da produção ainda estimula 49% das empresas brasileiras do setor da construção civil a investir em novas tecnologias e métodos (CNI; CBIC, 2015).

O aumento do interesse por parte das empresas do setor da construção civil, também se nota na academia através de estudos focados em *Lean Construction* para melhoria do gerenciamento da produção, focando na eliminação de desperdícios, incorporando entre outros, estoques excessivos de materiais, desequilíbrio nas linhas de produção, defeito em produtos (BULHÕES; PICCHI, 2011).

Pesquisas mostram que o Mapeamento do Fluxo de Valor com foco em valores ambientais e sociais, alinhados com os conceitos de construção enxuta e sustentabilidade, podem gerar bons resultados (ALMEIDA; PICCHI, 2018). Ainda assim, a maioria das pesquisas ainda concentra-se na fase de planejamento das obras e poucos são os estudos voltados à fase de execução (ABBASIAN-HOSSEINI *et al.*, 2014).

A técnica tradicional do Mapeamento de Fluxo de Valor adaptada ao *Lean Construction* (Construção Enxuta) com indicadores de produtividade e eco

eficientes (consumo de água e energia elétrica, geração de resíduos sólidos) pode proporcionar à obra um estado futuro almejado (ROSENBAUM *et al.*, 2013). Entretanto, a determinação de indicadores que possam propiciar um fluxo de valor sustentável e ainda, apresentar redução de custos por meio da eliminação dos desperdícios considera-se a etapa mais complicada de um Mapeamento de Fluxo de Valor Sustentável, atentando a todas as particularidades que sondam as obras do setor da construção civil.

### 1.3. MÉTODO DE PESQUISA

Para atingir os objetivos da pesquisa, este trabalho será desenvolvido de acordo com a estrutura lógica disposta na Figura 4:

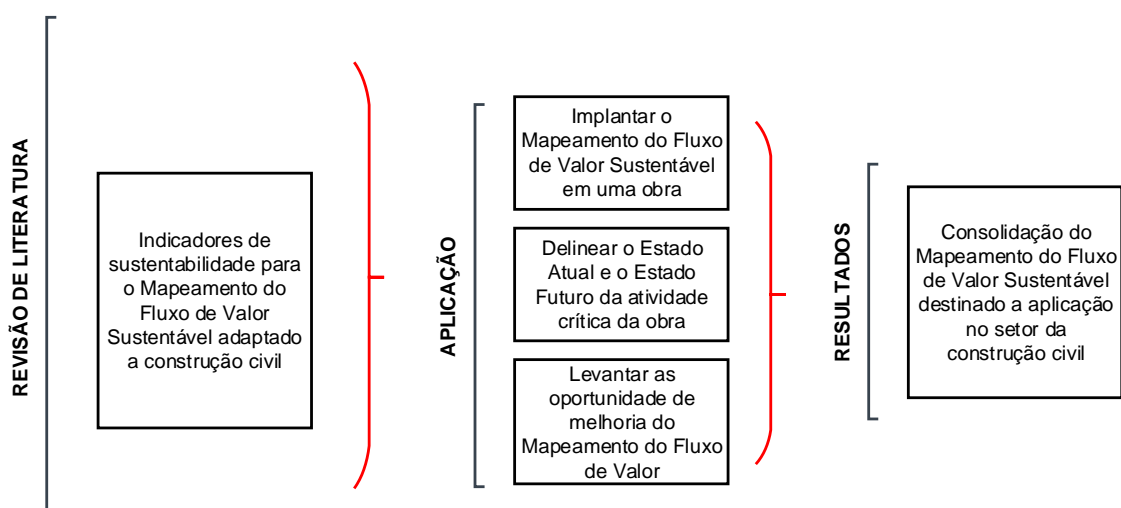


FIGURA 4 - ESTRUTURA LÓGICA DA PESQUISA

FONTE: ELABORADA PELA AUTORA

O método de pesquisa utilizado neste estudo é delineado em sete etapas, conforme ilustrado na Figura 5:

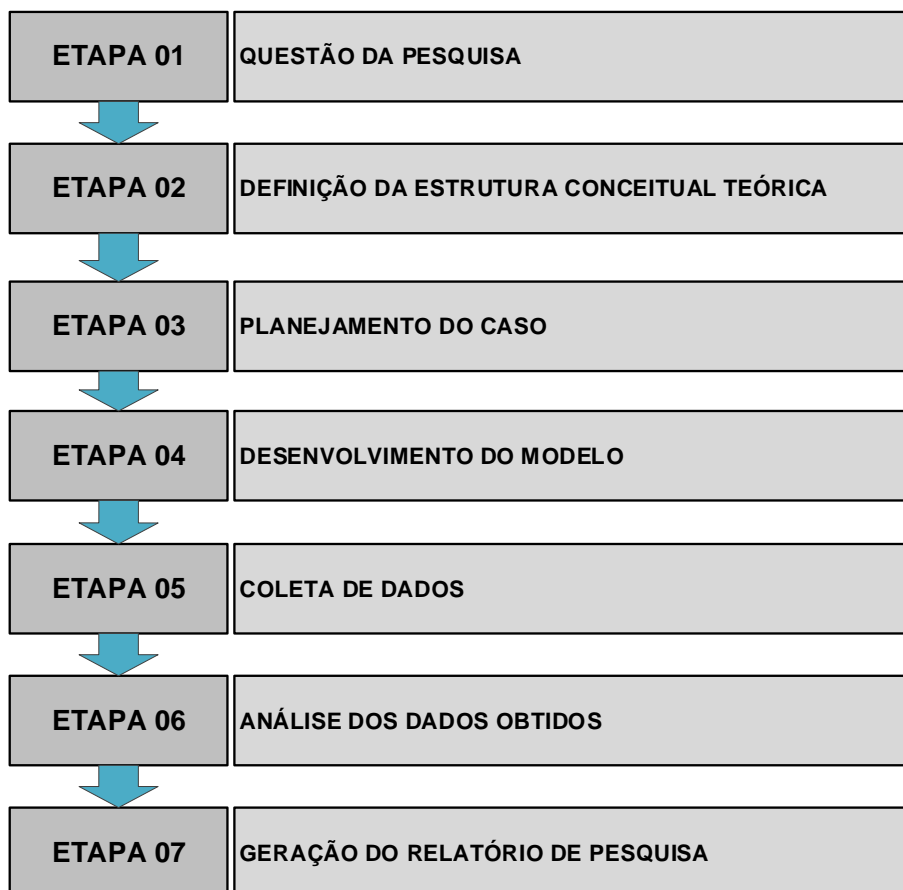


FIGURA 5 - ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO - ESTUDO DE CASO

FONTE: ELABORADA PELA AUTORA

Inicia-se na Etapa 1 com a definição da questão da pesquisa: quais indicadores devem compor um modelo de Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável que possa ser aplicado em obras da construção civil, e ainda quais os benefícios deste modelo na identificação dos desperdícios e contribuições para a geração de projetos de melhorias (*Kaizen*). Após a definição do problema da pesquisa, foi definida a estrutura conceitual teórica por meio do mapeamento da literatura através dos *constructos*: *Lean and Green Construction* e Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável, consolidando a Etapa 2. A etapa seguinte, Etapa 3 no constitui-se do planejamento do caso, considerando a escolha da construtora, dos meios para coleta de dados e o controle da pesquisa.

A Etapa 4 consolida a aplicação dos indicadores sustentáveis e modelos de Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável encontrados durante a Etapa 2 ao



planejamento do caso, na Etapa 3, para enfim descrever um modelo preliminar de Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável para ser aplicado na construção civil.

A Etapa 5 refere-se a coleta de dados, na qual os dados obtidos serão registrados após a aplicação. Esta possibilitará verificar a funcionalidade dos procedimentos de aplicação do modelo proposto para a ferramenta em questão, além de fazer ajustes necessários. Na Etapa 6, posterior a coleta de dados serão realizadas as análises dos dados obtidos.

Por fim, na Etapa 7, o modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor Sustentável será apresentado em versão final e uso futuro em obras e projetos na construção civil. Nesta etapa as conclusões e recomendações para trabalhos futuros consolidarão o final deste trabalho.

#### **1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, iniciando-se pelo primeiro capítulo que apresenta a introdução, a justificativa da pesquisa, os objetivos e o método de pesquisa que atende ao objetivo geral e responde à questão de pesquisa.

O segundo capítulo trata da revisão de literatura realizada e que embasa toda a pesquisa em questão, considerando os constructos: *Lean and Green Construction* e Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável.

O terceiro capítulo apresenta a abordagem metodológica adotada para este estudo de caso, delineada através de etapas e processos distribuídos entre os subitens do capítulo.

O quarto capítulo apresenta o desenvolvimento do modelo de Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável, de acordo com a revisão de literatura realizada.

O quinto capítulo apresenta os resultados obtidos após a aplicação do caso, bem como as melhorias para a consolidação final do modelo de Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável.

O sexto capítulo sintetiza as conclusões acerca dos resultados obtidos e recomendações para trabalhos futuros. Dispõem-se também, anexos e apêndices com informações complementares a esta pesquisa.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta a revisão de literatura sobre os principais conceitos acerca de Mapeamento de Fluxo de Valor voltado para práticas *Lean and Green Construction*. Destacam-se entre tais conceitos: *Lean and Green Construction* e Mapeamento de Fluxo de Valor Sustentável.

### 2.1. LEAN AND GREEN CONSTRUCTION

#### 2.1.1. LEAN CONSTRUCTION

A produção enxuta (*Lean Manufacturing*) se tornou popular a partir dos anos 1990, após a publicação de um estudo mundial detalhado das técnicas japonesas de produção, as quais se diferenciava da produção tradicional em massa. Este estudo concluiu que quaisquer indústrias no mundo podem utilizar as ferramentas da filosofia *Lean Manufacturing* (WOMACK *et al.*, 2004).

O cerne do pensamento enxuto consiste em alcançar um fluxo produtivo estável, difundido em larga escala na indústria da manufatura, alcança o setor da construção civil, com a contextualização da construção enxuta (*Lean Construction*) em 1992, com Lauri Koskela (SACKS *et al.*, 2010). Koskela (1992) estabelece o *Lean Construction* como uma nova filosofia de produção por meio do mapeamento do fluxo de valor dos processos produtivos na construção civil e eliminação das atividades que não agregam valor e geram desperdícios.

O *Lean Construction* proporciona à construção civil redução do desperdício por meio do desenvolvimento de sistemas e ferramentas para planejamento, gerenciamento e controle da produção (SACKS *et al.*, 2010). O *Lean Construction* tem sido pesquisado sob o ponto de vista de melhorias de processos e diminuição de desperdícios por meio de aplicações de ferramentas *Lean Manufacturing* no âmbito operacional (TEZEL *et al.*, 2018).

De acordo com (EROL *et al.*, 2017), diferente da construção tradicional o *Lean Construction* tem entre suas características:

- Diminuir quaisquer tipos de resíduos, como espera e transporte;
- Diminuir a variabilidade e irregularidade afim de garantir material ininterrupto e fluxo de informação consistente;
- Disposição de matéria-prima nos locais, somente quando indispensável.

Sob a ótica *Lean Construction*, os processos produtivos da construção civil não são vistos apenas como transformadores e sim como uma linha de fabricação, composta por inspeções, espera, fluxo de informações, matéria-prima e equipamentos, como pode ser observado na Figura 6.

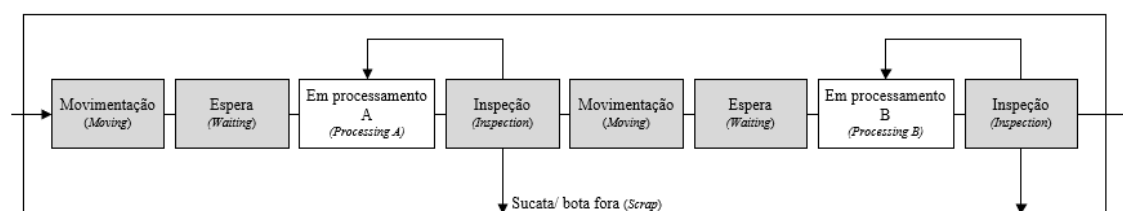


FIGURA 6 - PRODUÇÃO COMO UM PROCESSO DE FLUXO

FONTE: TRADUZIDO DE KOSKELA (1992)

Constatou-se que a construção civil poderia ter substanciais melhorias mapeando e extinguindo suas atividades sem valor agregado, com gestão e controle da qualidade implementados (KOSKELA, 1992). Estes processos precisam ser analisados paralelamente como fluxos e geração de valor, para alcançar um processo enxuto e permitir aos envolvidos a visualização de melhorias e a diminuição dos desperdícios (ABBASIAN-HOSSEINI *et al.*, 2014).

Os projetos de construção civil dependem da organização de atividades simultâneas em espaços limitados e são diretamente impactados com desperdícios que se apresentam nos tempos de espera entre as tarefas, retrabalhos, excessivas movimentações de materiais, canteiros com arranjos físicos mal ocupados (SACKS *et al.*, 2010).

Destaca-se, também, entre as particularidades a nacionalização da construção civil. Cada país possui referências de projeto, legislação, procedimentos, normas técnicas e condutas contratuais concebidas para tipos diferentes de construções e uso das mesmas (BRIOSO; HUMERO, 2016). As particularidades do setor da construção civil, tais como a singularidade dos projetos, a produção em canteiros, organização temporária por projeto, podem ser utilizadas como pretextos para se manter a forma tradicional de produção (KOSKELA, 1992).

No Brasil, a ABNT (2013) recomenda a seleção e consumo de materiais para processo produtivo mais racionais na construção civil, dentre as recomendações destacam-se:

- A otimização dos recursos naturais, objetivando menor impacto ambiental possível, bem como o menor consumo de água, de energia e de matéria-prima. Na medida do possível, optando por materiais que causam menor impacto ambiental, desde a sua manufatura até a sua aplicação;
- Madeiras com certificação legal;
- Implantação de um plano de gerenciamento de resíduos para a obra, de forma a minimizar a geração de resíduos e garantir a segregação adequada;
- Avaliação dos materiais quanto aos resultados dos inventários de ciclo de vida por projetistas e fabricantes.

Em um cenário de práticas enxutas, a gestão logística também deve receber atenção especial para que não gere desperdícios, desde o pedido de compras até o armazenamento de materiais. O sucesso desta gestão pode ser atingido por meio de ações específicas, com a implantação do *Just-in-Time* desde a entrega até a aplicação do material, identificação e armazenamento correto dos materiais no canteiro (AJAYI *et al.*, 2017).

Os desperdícios quando atrelados às métricas de sucesso de projeto podem ser visualizados da seguinte forma, (ABBASIAN-HOSSEINI *et al.*, 2014; PMI, 2014):

- Prazo: cronograma e prazo de entrega impactados diretamente por retrabalhos, excesso de movimentação e transporte durante a execução;
- Custos: o consumo de matéria-prima, mão de obra e equipamentos extraordinários, impactam no custo inicial do empreendimento, além dos custos não previstos com o consumo de água e energia elétrica, oriundos dos recursos extraordinários;
- Qualidade: diante de um cenário com desperdícios, a qualidade pode ser comprometida, impactando o uso e vida útil do empreendimento.
- Escopo: sem o equilíbrio entre o prazo, custo e qualidade, pode haver alterações de escopo de entrega do projeto.

O processo produtivo visto sob o olhar *Lean Construction* é o resultado de muitas conversões para se chegar ao produto, e estas conversões entendem-se como modificações de materiais e/ou laboral, assim como produto final ou somente produto entende-se por edifício entregue (LUCENA; MORI, 2018).

Dentre as barreiras para a implantação do *Lean Construction* no âmbito operacional pode-se destacar: falta de apoio da gestão; falta de conhecimento das ferramentas; falta de planejamento na implementação; falta de controle sob o fluxo de valor e falta de treinamento. Estas barreiras inviabilizam o *Lean Construction* no setor da construção civil (TEZEL *et al.*, 2018).

Conforme análise da produtividade da mão de obra no setor brasileiro da construção civil, Godoy *et al.*, (2017) observam os seguintes descompassos no ritmo quando comparado a outros setores produtivos da economia:

- Desempenho baixo na gestão das atividades;
- Falta de eficiência na execução de tarefas e com possibilidades de acidentes ocupacionais;
- Desperdício de tempo com deslocamento entre as tarefas e os locais de armazenamento de materiais;

- Falta de instrução para execução de métodos construtivos inovadores e utilização correta da matéria-prima.

Vale destacar, que para a gestão eficaz dos projetos na construção civil a atuação da liderança do gestor responsável pelas atividades e condução da obra é imprescindível. Especialmente no que tange a gestão de pessoas e saúde ocupacional dos profissionais envolvidos (AJAYI *et al.*, 2017).

Por outro lado, o sucesso de uma gestão focada em *Lean Construction* depende, segundo Tezel *et al.* (2018), que os gestores tenham atenção, essencialmente aos seguintes requisitos:

- Devem tratar os profissionais como ativos valiosos;
- Se dedicarem a potencializar o valor do projeto;
- Otimizar o fluxo de valor;
- Desenvolver um fluxo para o projeto;
- Elaborar um planejamento puxado e sistemas de controle para o projeto;
- Procurar a perfeição.

Obter um fluxo de produção equilibrado com o menor desperdício possível exige um gerenciamento eficaz da produção, que pode ser alcançado pelo pensamento enxuto, e suas respectivas ferramentas e metodologias (SACKS *et al.*, 2010). Além disso, a implementação de uma gestão focada em *Lean Construction* proporciona efetividade no planejamento e controle físico da obra em execução (SPÓSITO *et al.*, 2018).

Estudos realizados na área de *Lean Construction* destacam que a aplicação desta filosofia tem proporcionando melhorias significativas durante a elaboração de projetos. Entretanto, nota-se também que a maioria das pesquisas se dedicam a fase de planejamento e poucas de fato, dedicam-se a fase operacional, executiva. Mesmo com a preocupação e dedicação da academia

em estudar as perdas na construção civil, ainda apresentam-se de forma diminuta quando comparados a outros temas, com foco maior nas consequências causadas e nem tanto em suas causas (ABBASIAN-HOSSEINI *et al.*, 2014; PÉREZ *et al.*, 2015).

A partir de uma revisão de literatura, Viana *et al.* (2012) apresentam alguns estudos relacionados a aplicação do *Lean Construction* por meio das seguintes searas:

- Implementação de técnicas Lean em projetos com avaliação de desempenho e aplicação de mudanças: (NAHMENS, IKUMA, 2011; NAHAMENS, MULLENS, 2011);
- Simulação de modelos para tomada de decisão com objetivo de reduzir atividades que não agregam valor, por meio de jogos para disseminação dos conceitos *Lean*: (TOMMELEIN *et al.*, 1999); (SACKS *et al.*, 2007);
- Desenvolvimento de um modelo BIM (*Building Information Modeling*) para garantir a aplicação dos requisitos de projeto com o objetivo de minimizar o desperdício com o aço: (PORWAL; HEWAGE, 2011);
- Modelo de layout para a redução de movimentação de transporte desnecessário: (PARK *et al.*, 2011);
- Elaboração de uma matriz para analisar as causas de alterações de projetos: (ZHAO *et al.*, 2010).

### **2.1.2. GREEN CONSTRUCTION**

Vincular o desempenho industrial ao desenvolvimento sustentável direciona a indústria a prover estratégias associadas entre a produção enxuta e sustentáveis de maneira a eliminar os desperdícios em ambas esferas, de forma tangível e competitiva, associando os termos *Lean and Green Manufacturing* (VERRIER *et al.*, 2016).



Segundo Faulkner e Badurdeen (2014), a presença da sustentabilidade na indústria da manufatura teve uma evolução de conceitos e aplicações ao longo do tempo. Iniciando-se com a evolução da manufatura tradicional, baseada na substituição, para a manufatura enxuta, baseada na redução de desperdícios. Ao final dos anos 1990, a manufatura verde, baseada na utilização dos 3Rs (reciclar, reutilizar e reduzir) surge como uma evolução da manufatura enxuta e base para a configuração da manufatura sustentável, baseada na utilização dos 6Rs (reciclar, reutilizar, reduzir, remanufaturar, redesenhar, recuperar), conforme pode ser observado na Figura 7.

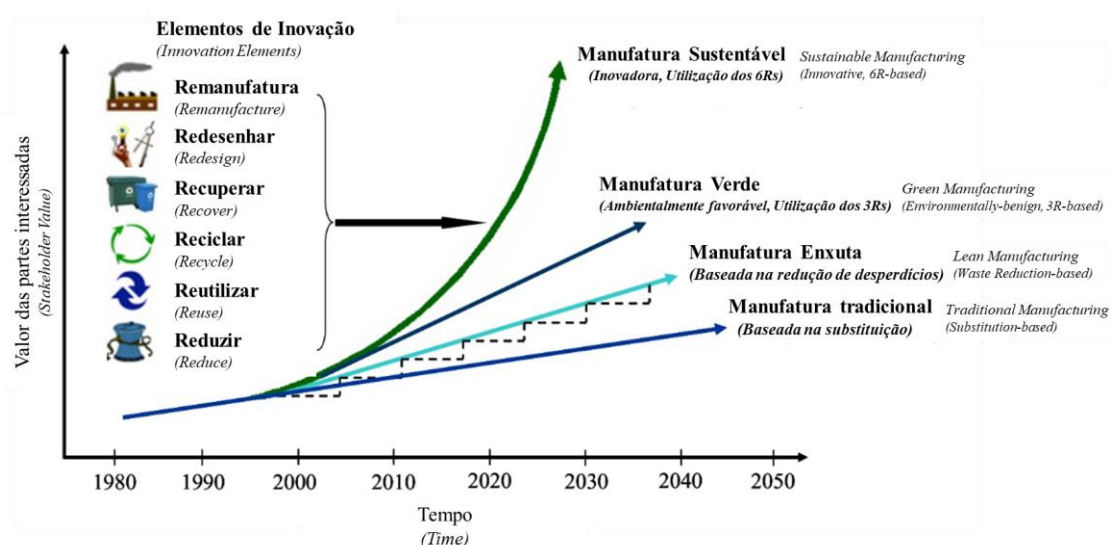


FIGURA 7 - EVOLUÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE MANUFATURA (*EVOLUTION OF MANUFACTURING STRATEGIES*)

FONTE: TRADUZIDO DE FAULKNER, BADURDEEN (2014)

Verrier *et al.* (2016) propõem em um cenário sustentável, o acréscimo do oitavo desperdício, além dos propostos por Taiichi Ohno dentro do Sistema de Produção Toyota: potencial perdido de pessoas. Ambientes com saúde e segurança precárias, também são causas deste oitavo desperdício. A relação entre os oito desperdícios e os impactos verdes associados pode ser observada no Quadro 1.

QUADRO 1 - DESPERDÍCIOS E SEUS IMPACTOS VERDES E SOCIAIS

DESPERDÍCIO	IMPACTOS VERDES E SOCIAL ASSOCIADOS
Excesso de produção	- Uso desnecessário de energia e matérias-primas, mais problemas de segurança no caso de substâncias perigosas envolvidas, aumento potencial das emissões diretas.
Inventário desnecessário	- Uso excessivo de energia para aquecimento / refrigeração / iluminação; - Potencial extra de material usado, produção de lixo devido a embalagens adicionadas e possível deterioração de produtos.
Transporte	- Uso de energia em transportes; - Emissões geradas na atmosfera; - Riscos especiais em caso de carga perigosa (vazamentos...).
Movimento desnecessário	- Potencial espaço (energia) e mais embalagens (materiais) necessários para movimentos desnecessários.
Defeitos	- Resíduos de matérias-primas e energia; - Gestão de retrabalhos (energia, perdas...).
Processamento inadequado	- Energia desnecessária e matérias-primas necessárias, mais lixo e emissões criadas, processos potencialmente perigosos.
Espera	- Energia e recursos inutilizados, possíveis danos materiais.
Perda do potencial das pessoas	- Potencial de melhoria perdido.

FUNTE: ADAPTADO DE VERRIER *ET AL.* (2016)

O modelo *Lean* atrelado ao *Green* possui como característica o consumo consciente de recursos naturais e a utilização de indicadores relacionados as etapas do processo, da mesma forma apresenta-se como uma metodologia que incentiva a redução dos desperdícios, relacionados com as três dimensões do *Triple Bottom Line* (ambiental, econômica e social). Várias pesquisas apresentam de forma positiva a eficiência da união dos princípios *Lean and Green* para otimização do uso de recursos e melhor custo benefício nos processos produtivos. Os aspectos sociais da sustentabilidade, também estão ganhando espaço nas pesquisas, por meio da possibilidade de geração de relacionada ao fator humano nos processos (ELKINGTON, 1998; VERRIER *et al.*, 2016).

Ciente dos impactos ambientais causados pelos desperdícios, assim como a indústria da manufatura o setor da construção civil, se adapta inicialmente os conceitos de sustentabilidade aos ambientes construídos em 1994 pelo *Conseil International du Bâtiment*, promovendo o *Green Construction*, definindo assim que o desenvolvimento de uma construção sustentável era baseado em um projeto eco eficiente (ALMEIDA; PICCHI, 2018).

Nos últimos anos, a sustentabilidade tem-se tornado cada vez mais integrante aos processos da construção civil, especialmente no segmento imobiliário. Logo, construir de maneira sustentável, torna o produto, a edificação preparada funcionalmente para o futuro, cumprindo o seu papel ambiental e socioeconômico (FRÖCH, 2015).

De acordo com o relatório global de 2018 da *Global Alliance for Buildings and Construction*, vinculada a UNEP (*United Nations Environment Programme*), muitos países determinaram políticas e contribuições nacionais para eficiência energética, mudança de combustíveis, planejamento e regulamentação como parte de suas estratégias, para melhorar a sustentabilidade nas edificações. Entre tais países Estados Unidos, Canadá, Japão, União Europeia, Colômbia, Argentina, Brasil, entre outros (IEA; GLOBALABC, 2018).

Vale ressaltar que o produto oriundo dos projetos do setor da construção civil deve ter uma avaliação do seu ciclo de vida, afinal este é concebido para atravessar décadas e até mesmo séculos (FRÖCH, 2015). Quando se trata do ciclo de vida de uma edificação imobiliária, pode-se sintetizá-lo nas seguintes etapas apresentadas na Figura 8 (CBCS; SECOVI, 2011):



FIGURA 8 - ETAPAS DO CICLO DE VIDA DE UMA EDIFICAÇÃO

FONTE: CBCS, SECOVI (2011)

Quando não planejado e pensado de forma sustentável, o ciclo de vida de uma edificação pode ser alterado e tornar a edificação obsoleta a tal conceito, mediante a fatores como: otimização de materiais, mudanças de normas e regulamentos, alterações em métodos executivos (ROSE; STEGEMANN, 2018).

As empresas construtoras assumem um papel de extrema importância quando se comprometem a minimizar os impactos ambientais e potencializar sua contribuição sustentável à toda sociedade (OFEK *et al.*, 2018). Os valores básicos da sustentabilidade na indústria da construção civil garantem a continuidade das atividades desta indústria e a existência das futuras gerações (FRÖCH, 2015).

Canteiros de obras que visam a não geração e a minimização de resíduos, ao reaproveitamento de materiais, propagam a sustentabilidade em toda a cadeia produtiva (KRUGER; SEVILLE, 2016).

A média global para o consumo de energia das edificações por área útil poderá ser 30% menor nos próximos anos, comparados aos níveis apontados em 2018.

Tal diminuição poderá ocorrer por meio de ações que vão desde escolhas de materiais sustentáveis e novos projetos para planejamento urbano, planos de adaptação para edificações existente, até transições de energia limpa (IEA; GLOBALABC, 2018).

Com a redução das precipitações e por consequência, impacto da produção de energia elétrica oriunda de usinas hidrelétricas e o aumento da contribuição das usinas termoelétricas, a produção de energia elétrica ficará mais poluente e onerosa nos anos que virão (CBCS; PNUMA; MMA, 2014).

A demanda por uso de água no Brasil é crescente, com um aumento de aproximadamente 80% de retirada nas duas últimas décadas e previsão de 30% de aumento até 2030 (ANA, 2017). A indústria da transformação e construção, assim classificado o setor da construção civil para a contabilização do uso da água para tal atividade econômica, é a com a maior participação no consumo hídrico nacional com 11,3% (3.450hm<sup>3</sup>) e intensidade hídrica<sup>1</sup> de 3,7litros/R\$ de valor adicionado, logo atrás da Agricultura, Pecuária, Produção Florestal e Aquicultura com 77,6% do total de água nacional consumido (ANA; IBGE; SRHAQ, 2018).

O uso de fontes alternativas de água, que considera a utilização de água não procedente da rede pública de água potável, surgem como uma alternativa para os sistemas prediais das edificações. Entre estas fontes pode-se citar: o aproveitamento de águas pluviais, água de reuso (efluente tratado) e poços artesianos. Porém devem ser utilizadas para fins não potáveis sob a conformidade aos requisitos e normas vigentes (CBCS; PNUMA; MMA, 2014).

O uso eficiente da água em uma edificação pode ser classificado conforme os seguintes aspectos e respectivas ações (CBCS; PNUMA; MMA, 2014):

---

<sup>1</sup> Segundo a ANA; IBGE; SRHAQ (2018), intensidade hídrica é denominada como: “a razão entre o volume consumido de água por determinada atividade econômica e o valor adicionado bruto gerado pela mesma em um determinado ano. Representa a vazão consumida em litros por real de valor adicionado bruto gerado. Expresso em litros/R\$.

- Social: educação e conscientização das pessoas;
- Econômico: promoções de redução de tarifas e subsídios para economia no consumo;
- Tecnológico: otimização de sistemas para economia de água e prevenção de vazamentos.

A segregação dos resíduos em diferentes fases permite controlar os impactos associados e reduz o custo da gestão, pois viabiliza a comercialização de frações, como plásticos, metais e papel. O estudo liderado pelo SINDUSCON-SP comprovou que a segregação na origem é economicamente viável e traz satisfação à equipe da obra (AGOPYAN *et al.*, 2016).

Com o objetivo de minimizar e gerenciar os resíduos da construção civil, muito países elaboraram regulamentações e normas para aterros sanitários, reciclagem e descarte, além de requisitos para projetos que buscam melhor desempenho ambiental (FREITAS; MAGRINI, 2017).

No Brasil, para que a gestão dos resíduos sólidos seja feita de forma adequada, em 02 de agosto de 2010 a Lei Federal 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que somada às Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) estabelecem diretrizes para a atuação das partes interessadas nos Municípios e Estados brasileiros. De acordo com o artigo 3º da Resolução do CONAMA Nº 307/2002, os resíduos da construção civil devem ser classificados, para efeito desta Resolução, conforme apresentado no Quadro 2:

QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS

CLASSE	TIPO DE RESÍDUO/FONTE
<b>A</b>	Construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação; terraplanagem; edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio - fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.
<b>B</b>	Plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.
<b>C</b>	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação.
<b>D</b>	Perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

A Política Nacional de Resíduos Sólidos também estabelece a logística reversa como um dos instrumentos de implementação do princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, de maneira a viabilizar um conjunto de ações que visam a coleta e a restituição dos produtos e resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada, de forma a minimizar o envio de materiais para disposição (MMA, 2012).

A parceria junto a fornecedores e o custo adicional para a implantação de requisitos verdes encontram-se entre as principais barreiras, apontadas nas pesquisas, para o uso de especificações verdes (ambientalmente corretas) na construção civil (LAM *et al.*, 2009). Logo, uma vez que os fornecedores se tornam responsáveis pelas partes e subsistemas do produto, eles incorporam custos de produção, desenvolvimento tecnológico e desempenho de qualidade neles, e é por isso que são selecionados de acordo com fatores operacionais e estratégicos (JABBOUR; JABBOUR, 2009).

Quando se trata da sustentabilidade aplicada no setor da construção civil, a maioria das pesquisas focam em materiais e na fase operacional das edificações, porém quando se trata de sustentabilidade os processos construtivos devem ser mais estudados (SCHMIDT; OSEBOLD, 2017).

Para tanto, Abuzeinab *et al.*, (2017) sugere que o futuro das pesquisas sobre construções sustentáveis estejam direcionados a modelos verdes de negócios, que através de critérios específicos possam capturar o valor econômico para clientes e empresas construtoras.

### **2.1.3. PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL**

Estudos apresentam especificações para solucionar muitos impactos causados pelo setor da construção civil, entre eles: requisitos ambientais já descritos em contratos, ou seja, antes do início da obra, normas que viabilizem a utilização de materiais reciclados, o uso de materiais provenientes da reciclagem, projetos com especificações verdes, metas ambientais implantadas, avaliadas e auditadas (LAM *et al.*, 2009). Quando se trata de requisitos contratuais, já se observa clientes nos setores público e privado fazendo o uso das especificações verdes e certificações para manter o compromisso com a sustentabilidade, em obras de construção civil (LAM *et al.*, 2010).

Quando se observa o mercado de consumo das construções verdes, segundo OFEK *et al.* (2018) nota-se que mais de 90% dos consumidores optaram pela aquisição em função da economia do custo operacional e de manutenção. Do ponto de vista dos construtores, as construções verdes são o reconhecimento dos consumidores e a reputação de uma empresa ambientalmente correta.

O uso de sistemas de gestão e certificações ambientais, considerando o ciclo de vida da edificação, almeja o consumo consciente da água e energia elétrica, a diminuição na geração de resíduos e emissão de gases poluentes, a mitigação da poluição do solo (ALMEIDA; PICCHI, 2018). Atualmente, o setor da construção civil, mais especificamente o segmento imobiliário conta com certificações desenvolvidas para auxiliar na implantação da sustentabilidade, de



forma a preservar o ambiente e trazer retorno econômico aos Clientes e investidores (FRÖCH, 2015).

Obter uma certificação ambiental mostra de forma pública como e quanto uma edificação é de fato sustentável e gera valores econômicos para clientes e investidores. Como ferramentas para otimização da gestão da obra, as certificações podem fornecer indicadores para monitoramento das práticas de sustentabilidade. As normas de referência para certificações ambientais de empreendimentos imobiliários dispõem de indicadores e orientações para a gestão sustentável das obras em fase de execução, considerando os aspectos sustentáveis: ambiental, social e econômico (FRÖCH, 2015).

Já existem vários países que possuem seus próprios conselhos e sistemas de avaliação para construção verde, os quais consideram particularidades, tais como: condições climáticas, materiais disponíveis, mão de obra, entre outras (ILLANKOON *et al.*, 2017).

Entre as certificações mundialmente conhecidas como *WELL Certified* desenvolvido nos Estados Unidos pelo *International WELL Building Institute*, LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design* - Liderança em Energia e Design Ambiental) desenvolvido nos Estados Unidos pelo *US Green Building Council*, DGNB desenvolvido na Alemanha pelo *Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen* e CASBEE desenvolvido pelo IBEC no Japão não possuem referenciais e especificações próprias para edificações imobiliárias. O Reino Unido conta com a *Home Quality Mark* que visa fornecer aos projetistas ferramentas para edificações sustentáveis, assim como às demais partes interessadas do setor informação e a garantia sobre os edifícios imobiliários (GCB, 2019; HOME QUALITY MARK, 2018; ILLANKOON *et al.*, 2017; JOHN, PRADO, 2010; KAJIKAWA *et al.*, 2011; LAM *et al.*, 2009; SCHMIDT, OSEBOLD, 2017).

No Brasil encontram-se certificações que promovem a gestão sustentável de empreendimentos imobiliários na construção civil através de referenciais

normativos, para as fases de projeto, execução e edificação final (entregue), dispostas com seus respectivos indicadores de sustentabilidade compõe o Quadro 3.

QUADRO 3 - INDICADORES SUSTENTÁVEIS RECOMENDADOS EM REFERENCIAIS E NORMAS PARA GESTÃO DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS (EDIFICAÇÕES IMOBILIÁRIAS)

CERTIFICAÇÃO	ORIGEM (Instituição mantenedora)	APLICAÇÃO			INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE RECOMENDÁVEIS (Monitoramento durante a Execução)			FONTE
		Fase de projeto	Execução	Edificação final	Ambientais	Econômicos	Sociais	
Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat  Referencial Nível "A" para Execução de Obras de Edificações	Ministério das Cidades - Governo Federal	x	x		- <u>Indicador de geração de resíduos ao final da obra</u> - <u>Indicador de consumo de água ao final da obra</u> - <u>Indicador de consumo de energia ao final da obra</u>	Sem indicadores específicos, somente orientações para composição de tais pela empresa construtora	Sem indicadores específicos, somente orientações para composição de tais pela empresa construtora  <b>8.1.1. Plano da Qualidade da Obra</b>	Regimento do SIAC - Especialidade Técnica Execução de Obras (Portaria nº 383 de 14/06/2018) Anexos I, II, III e IV  Acessado em novembro de 2018: <a href="http://pbqp-h.cidades.gov.br/download_doc.php">http://pbqp-h.cidades.gov.br/download_doc.php</a>
Selo Casa Azul	Banco Caixa Econômica Federal  Brasil	x	x	x	Sem indicadores específicos	Sem indicadores específicos	6.1 <u>Educação para a Gestão de Resíduos de Construção e Demolição - RGD</u> 6.3 <u>Desenvolvimento Pessoal dos Empregados</u> 6.4 <u>Capacitação Profissional dos Empregados</u> 6.5 <u>Inclusão de trabalhadores locais aos Moradores</u> 6.9 <u>Capacitação para Gestão do Empreendimento</u> 6.11: <u>Ações para a Geração de Emprego e Renda</u>	Selo Casa Azul - Boas práticas para habitação mais sustentável  Acessado em fevereiro de 2019: <a href="http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/paginas/default.aspx">http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/paginas/default.aspx</a>
Certificação AQUA-HQE  Edifícios residenciais em construção	Fundação Vanzolini  Brasil	x	x	x	Sem indicadores específicos, somente orientações para composição de tais pela empresa construtora:  <b>3.3 <u>Gestão dos resíduos de canteiro</u></b>  <b>3.4 <u>Limitação dos incômodos e da poluição no canteiro</u></b>	Sem indicadores específicos, somente orientações para composição de tais pela empresa construtora.	Sem indicadores específicos, somente orientações para composição de tais pela empresa construtora:  <b>3.5 <u>Consideração de aspectos sociais no canteiro de obras</u></b>	Referencial técnico de certificação AQUA-HQE - Edifícios residenciais  Acessado em novembro de 2018: <a href="https://vanzolini.org.br/aqua/categoria-documentos/informacoes-gerais/">https://vanzolini.org.br/aqua/categoria-documentos/informacoes-gerais/</a>
Certificação GBC Casa	<i>Green Building Council Brasil</i> (Conselho de Construção Sustentável do Brasil)  Brasil	x	x	x	O atendimento aos requisitos é realizado por meio de pontuação e obrigatoriedade dos requisitos para certificação:  <b>USO EFICIENTE DA ÁGUA (UEA)</b>  <b>ENERGIA E ATMOSFERA</b>  <b>MATERIAIS E RECURSOS (MR)</b>	Sem indicadores específicos.	<b>REQUISITOS SOCIAIS (RS)</b>  CR2 - Boas Práticas Sociais para Projeto e Obra (2 PONTOS)	Guia prático: porque e como certificar o seu projeto - GBC Casa  Checklist Projeto e Obra - Certificação GBC Brasil Casa  Acessado em fevereiro de 2019: <a href="http://www.gbcbrasil.org.br/documentosDownload.php?J=casa">http://www.gbcbrasil.org.br/documentosDownload.php?J=casa</a>

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Estudos recentes mostram que o gerenciamento de resíduos em obras deve-se iniciar pelo projeto e aquisição de materiais e serviços, sequencialmente com os processos produtivos e o local onde acontece a obra. Planos para o

gerenciamento de resíduos da construção civil são de extrema importância para a correta segregação e a disseminação da importância da redução dos mesmos a todos os trabalhadores envolvidos (FREITAS; MAGRINI, 2017).

A medição dos resíduos gerados na construção civil é uma atividade difícil, pois o volume de resíduos bem como suas respectivas classes (composições) é a consequência de processos produtivos e especificações de projetos, e não deve ser feito com uma variável. Mediante este cenário, vários autores rem proposto indicadores para o monitoramento da geração de resíduos, que variam de acordo com o tipo de material a ser empregado, projetos, metodologias construtivas (KERN *et al.*, 2018).

Para a contabilização dos resíduos sólidos gerados durante a obra e seus respectivos custos, Paz, Lafayette (2016) sugerem a aplicação das formulas em sequência:

(1) Geração total de resíduos da obra ( $G_t$ ) em toneladas = (Índice de geração de resíduos por área construída ( $I_a$ ) em quilos  $\times$  Área total construída ( $A_t$ ) em metros quadrados) / 1000

De forma geral, considerando todas as atividades simultaneamente, tem-se a geração de resíduos por metro quadrado construído.

(2) Geração de resíduos por atividade ( $G_w$ ) = (Índice de geração de resíduos por tempo de atividade ou trabalho ( $I_d$ ) em quilos  $\times$  Período de duração da atividade ( $P_c$ ))

Nesta etapa, calcula-se a geração de resíduos por atividade.

(3) Geração de resíduos diária ( $G_d$ ) = (Geração total de resíduos ( $G_t$ ) / Período de duração da atividade ( $P_c$ ))

Utilizando a fórmula (1), calcula-se nesta etapa a geração diária de resíduos através do volume retirado em cada frente de trabalho de cada atividade. Desta forma, também pode ser metrificadas as quantidades de

resíduos gerados em fases, como por exemplo: Fundações, Estruturas, Alvenaria, entre outras.

(4) Custo da gestão de resíduos ( $C_t$ ) = Custo com armazenamento e embalagens ( $C_{arm}$ ) – Despesas com coleta, transporte e descarte (R)

Para as despesas com coleta (R) deve-se considerar a geração de resíduos através de uma das fórmulas acima, assim como o custo para descartá-los, coletá-los e transportá-los.

Por fim, tem-se através da fórmula (4) o cálculo para o custo da gestão de resíduos sólidos da construção civil.

A ausência do gerenciamento destes resíduos no canteiro de obras, pode gerar um aumento de custos, que inicialmente não estavam previstos (PAZ; LAFAYETTE, 2016).

Boas práticas de gerenciamento de obras minimizam acidentes, desperdícios e custos para os projetos de construção civil. Porém, pesquisas revelam que as práticas de gerenciamento de obras, também, estão diretamente ligadas ao atraso dos projetos e entrega das obras, pois quando mal conduzidas levam a falta de conscientização quanto a segurança no ambiente de trabalho (AJAYI *et al.*, 2017).

Porém, as bases para o sucesso de um projeto, onde a sustentabilidade é realmente um valor, começam durante a fase de planejamento com equilíbrio entre a sustentabilidade e o bom desempenho econômico (FRÖCH, 2015). Durante as fases de planejamento e execução das edificações as decisões tomadas tem efeito de longo prazo sobre o meio ambiente, sob a conscientização do uso e ocupação do solo, consumo de água, recursos naturais e energia elétrica (KRUGER; SEVILLE, 2016).

Uma maneira de suscitar explicitamente a sustentabilidade para o *Lean Construction* é transformá-la em valor agregado. Para diminuir os impactos ambientais, mitigar desperdícios produtivos e a ineficiência produtiva, a sinergia

entre os conceitos *Lean Construction* (construção enxuta) e *Green Construction* (construção verde) são fundamentais (ALMEIDA; PICCHI, 2018).

A relação entre os desperdícios e a aplicação de ferramentas *Lean and Green*, como mostra a Figura 9. Na coluna central estão dispostos os tipos de desperdícios a serem mitigados relacionados às ferramentas *Lean*, dispostas na coluna esquerda, que podem ser utilizadas de forma pontual, em um ou mais desperdícios. No entanto para uma gestão *Lean and Green* o uso de ferramentas de forma simultânea e associadas a outras, as tornam estratégicas para monitoramento de desempenho produtivo e quantificação dos desperdícios, como apresentadas na coluna direita. Nesta, pode-se notar que o Mapeamento do Fluxo de Valor associado ao *Gemba Walk* permite visualizar o fluxo de produção destacando onde estão os desperdícios. Os indicadores de desempenho podem advir do Mapeamento, refletindo as metas da organização, o desempenho produtivo e a quantificação dos desperdícios. Para que a aplicação das ferramentas e estratégias sejam visualizadas a Gestão Visual é de extrema importância. A padronização das tarefas e atividades segue como ferramenta fundamental para que todos tenham o mesmo objetivo de forma clara (VERRIER *et al.*, 2016).

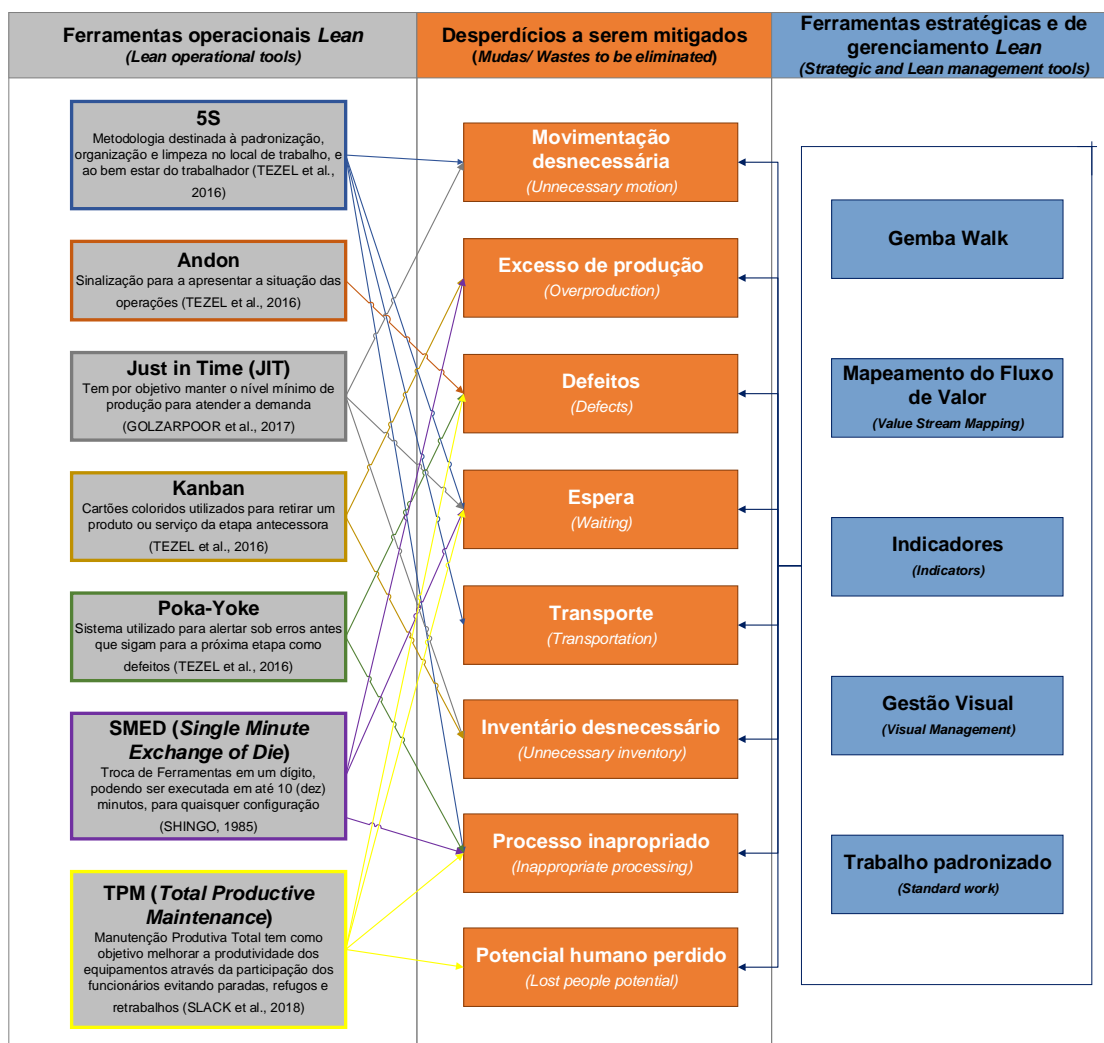


FIGURA 9 - FERRAMENTAS *LEAN AND GREEN* SOB OS DESPERDÍCIOS

FONTE: ADAPTADO E TRADUZIDO DE VERRIER *et al.* (2016), TEZEL *et al.* (2016) GOLZARPOOR *et al.* (2017), SHINGO, (1985), SLACK *et al.* (2018)

O setor da construção civil não tem usufruído da conexão das práticas *Lean and Green*, mesmo com a divulgação dos benefícios na academia. Grande parte das iniciativas *Lean and Green* focam na etapa de projeto (concepção e ciclo de vida) quando comparadas a aplicações em obras (ROSENBAUM *et al.*, 2013).

A definição de “valor” no *Lean* deve estar em sintonia com a sustentabilidade para assegurar o ganho enxuto (*Lean*) e verde (*Green*), enfatizando o aspecto ambiental desde o início do projeto e obra junto a todos que participam da execução (SONG; LIANG, 2011). As ferramentas *Lean* só se tornam aplicáveis

se estiverem realmente disponíveis a todos os profissionais envolvidos nos processos (WOMACK *et al.*, 2004).

## **2.2. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR SUSTENTÁVEL**

### **2.2.1. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR**

Originalmente, conhecido no Sistema Toyota de Produção como “Mapeamento do Fluxo de Informação e Material” esta ferramenta destina-se a constituir o fluxo de materiais, informações e pessoas, suprimindo desperdícios e acrescentando valor. Adaptada por Rother, Shook (2012), o Mapeamento do Fluxo de Valor, também conhecida como VSM (*Value Stream Mapping*), ajuda a enxergar o fluxo de materiais e informações, através da descrição do estado atual da produção e um estado futuro, ou seja, de como deveria operar.

As atividades não devem ser vistas de forma isolada e sim examinadas todas as ações de forma integrada, verificando necessidades e se podem gerar valor ao Cliente, sendo esta a base do fluxo de valor e do pensamento enxuto. Inicialmente, ver o fluxo de valor não é fácil para a maioria dos gestores, para tanto a visualização do fluxo após a resolução de problemas é de extrema importância para mantê-lo em uso, mapeado (WOMACK; JONES, 2004).

A representação do fluxo de valor desde a chegada da matéria-prima para o processo produtivo até a entrega ao próximo processo através do Mapeamento do Fluxo de Valor torna possível a projeção de estados futuros e a visualização de melhorias para implementação (FONTANINI, 2004).

Rother, Shook (2012) propõem a elaboração do Mapeamento do Fluxo de Valor, atribuído a um profissional responsável pela implantação e manutenção da ferramenta, através de seis etapas:

- Etapas 1 - Ponto de partida: uma família de produtos deve ser identificada: quais materiais que constituem, qual é a frequência de pedidos do cliente e as solicitações de entrega.

- Etapas 2 - Coleta de dados: do início ao fim o processo produtivo deve ser visualizado onde se executa: quais são as etapas do processo, entradas e saídas, como funciona o fluxo de informações desde o planejamento até a entrega, arranjo físico da unidade produtiva. Nesta etapa, recomenda-se o desenho de um esboço da atividade produtiva, para auxiliar na elaboração do mapeamento do Estado Atual.
- Etapas 3 - Elaboração do Estado Atual: deve-se calcular os dados do processo obtidos através da visita, conforme indicadores dispostos no Quadro 4:

QUADRO 4 - SUMARIZAÇÃO DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE

INDICADORES	DEFINIÇÕES	MÉTODO DE CÁLCULO
<b>Tempo de ciclo (T/C)</b> ( <i>Cycle time</i> )	Tempo destinado a produzir uma parte ou todo o processo	$T/C = (\text{Data ou horário final}) - (\text{Data ou horário inicial})$
<b>Tempo de troca (TR)</b> ( <i>Change over time</i> )	Tempo destinado a mudar de um tipo de produção para outro	$TR = (\text{Data ou horário do final da troca}) - (\text{Data ou horário inicial da troca})$
<b>Disponibilidade de máquina/ equipamento</b>	Tempo que a máquina ou equipamento encontra-se disponível para a execução do processo	Quantidade de horas disponível por tipo de equipamento
<b>Tamanho dos lotes de produção (TPT)</b>	Quantidade produzida por lote	Dependendo da atividade, pode ser metrificada por $m^2$ ou $m^3$
<b>Número de operadores</b>	Número de mão de obra direta, ou seja, funcionários operacionais	Quantidade de funcionários por função
<b>Quantidade de variações do produto</b>	Quantidade de produtos diferentes produzidos no mesmo processo	Dependendo da atividade, pode ser metrificada por $m^2$ ou $m^3$
<b>Tempo de trabalho efetivo</b>	Horas efetivamente trabalhadas	Tempo efetivo = (Total de horas contratadas) – (intervalos + treinamentos + busca por materiais + busca por equipamentos)
<b>Taxa de refugo</b>	Percentual de refugo	$\% = (\text{Quantidade de total de itens produzidos}) / (\text{Quantidade de itens refugados})$

FONTE: ROTHER, SHOOK (2012), ROSENBAUM *et al.*, (2013), YU *et al.*, (2009)



Mediante os indicadores obtidos, o Estado Atual deve ser desenhado. Para tanto recomenda-se a utilização de papel e lápis, além dos ícones e símbolos propostos por Rother, Shook (2012).

- Etapa 4 - Elaboração do Estado Futuro: os indicadores utilizados durante o mapeamento do estado atual devem ser utilizados para delinear o estado futuro de produção desejado.
- Etapa 5 - Melhoria contínua: após o mapeamento do estado futuro, pode-se segmentar em áreas que destacam o fluxo de materiais e informações

O estado atual apresenta como a produção está em processo no momento. Sua análise, baseada nos princípios enxutos, permitindo identificar desperdícios e sugerir ações de melhoria para uma linha de produção com menor tempo de entrega, maior qualidade e custos menores. Já o estado futuro é a representação de um estado ideal e esperado de produção, a melhor forma de operar com base no estado atual. A melhoria sugerida pode mostrar onde estão os desperdícios e como poderiam ser eliminados ou reduzidos (HERAVI; FIROOZI, 2017).

A ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor proporciona a visualização em detalhes da atividade produtiva e por onde fluem as informações e materiais (ROTHER; SHOOK, 2012). Esta ferramenta não se limita em detectar os desperdícios em um processo, mas também usa-se para analisar e definir processos (GUNDUZ; NASER, 2017).

No âmbito da construção civil, as causas dos problemas de fluxo estão inseridas no formato tradicional de produção manual e organização, e particularidades de projetos (KOSKELA, 1992) e o Mapeamento de Fluxo de Valor apresenta-se favorável a prática da construção enxuta (*lean construction*) (YU *et al.*, 2009).

As atividades simultâneas que ocorrem durante a execução da obra, podem prejudicar a racionalização dos processos e gerar diversos desperdícios (SACKS *et al.*, 2010). As causas dos desperdícios são diversas, porém entre as que se destacam estão: o excesso de produção, movimentação desnecessária de mão

de obra e equipamentos, espera, retrabalhos e falta de planejamento para priorização de atividades (SONG; LIANG, 2011).

De acordo, ainda, com Song, Liang (2011), pesquisas no setor da construção civil indicam que os custos com desperdícios e atividades que não agregam valor ao cliente final estejam entre 30% a 35%.

Considerando os desperdícios gerados durante a execução de obras de construção civil e os princípios do *Lean Construction* elaborados por Koskela, (1992), pode-se utilizar o Mapeamento do Fluxo de Valor para a disseminação da eliminação dos desperdícios durante os processos produtivos:

QUADRO 5 - PRINCÍPIOS *LEAN CONSTRUCTION* DIRECIONADOS AO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Princípios do <i>Lean Construction</i> (KOSKELA, 1992)		Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM - <i>Value Stream Mapping</i> ) para <i>Lean Construction</i>		
		Conceitos aplicáveis para implantação	Definição	Referências
1	Reduza a parcela de atividades que não agregam valor	<i>Gemba Walk</i>	Ir ao local de trabalho e verificar a situação real.	LIKER, CONVIS, 2013
2	Aumentar o valor da produção através da consideração sistemática dos requisitos do cliente	Estado atual	Coleta de informações da unidade produtiva (neste caso, canteiro de obras).	ROTHER; SHOOK, 2012
3	Reduza a variabilidade	<i>JIT (Just-in-time)</i>	Produzir as unidades necessárias em quantidades e tempo necessários. Torna o uso de estoques e grandes almoxarifados desnecessários.	MONDEN, 2012
4	Reduza o tempo de ciclo	<i>Takt time</i>	Tempo definido para o fornecimento de um determinado processo (takt) que é derivado da demanda do cliente.	TEZEL <i>et al.</i> , 2017
		<i>Cycle time</i>	A duração que uma tarefa precisa para completar seu trabalho na atividade.	YU <i>et al.</i> , 2009
		<i>Lead time</i>	O tempo entre uma tarefa a ser concluída para a próxima tarefa sendo iniciada.	YU <i>et al.</i> , 2009
5	Simplifique minimizando o número de etapas, partes e ligações	<i>Kanban</i> (Para fluxo)	Através do kanban (cartão em japonês), o tipo e a quantidade de materiais necessários para o processo são descritos. Considerando os demais processos produtivos do projeto, torna-se uma boa forma de controle de materiais.	MONDEN, 2012
6	Aumentar a flexibilidade de saída	<i>FIFO</i>	Transferência controlada das quantidades de materiais, na sequência: "primeiro a entrar, primeiro a sair".	ROTHER; SHOOK, 2012
7	Aumentar a transparência do processo	<i>Kaizen</i>	Esforço destinado a solução de problemas e melhoria no fluxo de valor.	ROSEMBAUM <i>et al.</i> , 2013
8	Controle de foco no processo completo	Estado futuro	A partir do Estado Atual da unidade produtiva, o Estado Futuro é elaborado com o desdobramento das oportunidades de melhorias e metas de desempenho.	ROTHER; SHOOK, 2012
9	Construa melhorias contínuas no processo	<i>Kaizen</i>	Esforço destinado a solução de problemas e melhoria no fluxo de valor.	ROSEMBAUM <i>et al.</i> , 2013
10	Melhoria do fluxo de balanceamento com melhoria de conversão			
11	Referência comparativa			

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Rosenbaum (2013) sugere a aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor incluindo indicadores para redução de resíduos da construção e adaptações às condições de produção em um canteiro de obras, particularmente como se fez para a execução de paredes de concreto armado para o projeto de um centro médico em Santiago, no Chile, possibilita a contextualização da integração entre os conceitos *Lean and Green Construction* na prática, permitindo que gestores possam verificar e mensurar as fontes de resíduos e desperdícios. Este resultado tornou-se possível através da implantação da ferramenta seguindo as etapas:

Determinação das famílias de produtos e indicadores a serem utilizados; Coleta de dados na obra: entre os dados – inventário de materiais, tempo de execução das atividades, desperdícios estimados; Organização dos dados coletados; Elaboração do estado atual; Avaliação do estado atual: entre as constatações verificou-se variabilidade nos processos, dificuldades no gerenciamento de recursos humanos, grandes estoques; Elaboração do estado futuro; Melhorias para se alcançar o estado futuro.

Quanto ao uso do Mapeamento do Fluxo de Valor, segundo Heravi e Firoozi (2017), diversas pesquisas foram publicadas sobre a aplicação em setores como saúde, alimentação, finanças, manufatura, TI, engenharia, serviços. No entanto, existem poucas pesquisas relacionadas a implantação do Mapeamento do Fluxo de Valor em projetos de construção ou seus setores relacionados.

Segundo Yu *et al.* (2009), as pesquisas apresentam a aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor no setor da construção civil em diferentes fases: cadeia de suprimentos, entrega de projetos, processos operacionais (exemplo: execução de alvenaria), fabricação de materiais.

### **2.2.2. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR SUSTENTÁVEL**

O Mapeamento do Fluxo de Valor em seu formato tradicional não abrange as práticas ambientais e/ou sociais das linhas de produção. Para que a manufatura consiga se engajar a sustentabilidade, a abordagem para garantir que as metas econômicas, ambientais e sociais deve ser baseada em uma perspectiva abrangente, que envolva todo o sistema de produção e a cadeia de suprimentos (BROWN *et al.*, 2014). Esta ferramenta quando associada a demais ferramentas *Lean* pode ser mais efetivo para a implantação do *Lean and Green* na produção do processo, com o principal objetivo de minimizar os desperdícios (VERRIER *et al.*, 2016).

Segundo a FIESP; CIESP; PNUMA, (2017), por meio de medições e monitoramento do indicadores sustentáveis, as empresas podem obter um panorama do desempenho de sua gestão, analisando processos e detectando

oportunidades de melhoria. Logo, sugere indicadores de sustentabilidade que consideram as dimensões ambiental, social e econômica, conforme dispostos no Quadro 6. Para que os indicadores sejam eficazes em seus propósitos, a coleta de dados deve-se dar por meio de registros de produção, inventários, registros financeiros, entre outros.

QUADRO 6 - INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Dimensões da sustentabilidade	Aspectos da sustentabilidade	Exemplos de indicadores	Unidade de medida
Ambiental	Água	Consumo de água por fonte	m <sup>3</sup>
		Consumo relativo de água	m <sup>3</sup> de água/ ton produto
	Energia	Consumo de energia	KWh
		Intensidade de energia	KWh/ produto produzido
	Gases de efeito estufa (GEE)	Emissões de GEE	Toneladas de CO <sub>2</sub> eq
		Intensidade de emissões de GEE	Toneladas de CO <sub>2</sub> eq /produto produzido
Resíduos	Resíduos por tipo de destinação	%	
Social	Diversidade	Trabalhadores por gênero	%
		Treinamento de funcionários	Horas/funcionário
	Saúde e segurança	Número de acidentes	Unidade
	Clientes	Índice de satisfação	%
	Comunidade	Número de reclamações de comunidades vizinhas	Unidade
Econômico	Receita	Receita líquida	R\$
	Investimentos	Investimentos	

FONTE: FIESP; CIESP; PNUMA (2017)

Com o olhar voltado à importância do uso consciente dos recursos naturais e a diminuição dos resíduos sólidos, atrelados a produção enxuta, o Mapeamento

de Fluxo de Valor Sustentável pode proporcionar o ponto de partida para o desenvolvimento de produtos mais sustentáveis (FAULKNER; BADURDEEN, 2014).

Indicadores de sustentabilidade podem ser agregados ao Mapeamento do Fluxo de Valor tradicional desde que se tenham métricas claras e indiquem o objetivo definido. Consegue-se obter uma visão mais clara da aplicação dos indicadores sustentáveis quando comparados aos indicadores tradicionalmente utilizados, conforme apresentado no Quadro 6 (BROWN *et al.*, 2014).

QUADRO 7 - COMPARAÇÃO DE INDICADORES

<b>Comparação das características do Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) tradicional entre o Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável (Sus-VSM)</b>			
<b>Tipos de desperdícios</b>	<b>VSM</b>	<b>Sus-VSM</b>	<b>Métrica</b>
Tempo	+	+	Econômica
Matéria-prima	+	+	Econômica
Desperdício de água no processo	-	+	Ambiental
Desperdício de energia	-	+	Ambiental
Riscos do trabalho	-	+	Social
Ergonomia	-	+	Social

*Nota: o sinal + indica que o item específico está incluído e o sinal - indica que não está incluído*

FONTE: TRADUZIDO DE BROWN (2014)

A ferramenta com foco em sustentabilidade, pode contar com indicadores ambientais relacionados ao uso da matéria-prima e geração de resíduos, consumos de água e energia elétrica. No que tange ao social, os indicadores de segurança do trabalho e saúde ocupacional, como ergonomia e medição de ruídos também se fazem presentes. Quanto a questão econômica, mantem-se os indicadores já disseminados na versão inicial do Mapeamento de Fluxo de Valor, o tempo de ciclo de operações que agregam ou não valor (HELLENO *et al.*, 2017).

O Mapeamento do Fluxo de Valor que inclui os aspectos ambientais e dimensões da produção permitem a medição com eficiência da fonte dos resíduos gerados em obras (ROSENBAUM *et al.*, 2013). Assim como a verificação durante a fase de construção, por meio do monitoramento do uso da água e consumo de

energia levam a sustentabilidade ao *Lean Construction* (SONG; LIANG, 2011), conforme disposto no Quadro 8.

QUADRO 8 - INDICADORES AMBIENTAIS

IDENTIFICAÇÃO	CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO	TIPO DE OBRA ONDE FOI APLICADO O INDICADOR	FERRAMENTA <i>LEAN CONSTRUCTION</i> QUE UTILIZOU O INDICADOR	AUTORES
<b>Energia</b>	Consumo de energia	Imobiliária	<i>Last Planner System, Visual Management</i>	SONG; LIANG, 2011
<b>Água</b>	Consumo de água por fonte	Imobiliária	<i>Last Planner System, Visual Management</i>	SONG; LIANG, 2011
<b>Resíduos</b>	Quantidade de material desperdiçado em comparação com a quantidade necessária: metal, concreto, combustível, madeira	Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013
	Desvio de aterro	Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Especificações verdes ligadas ao cuidado com o desenvolvimento social e a plenitude da economia tornam-se ferramentas indispensáveis para a disseminação do desenvolvimento sustentável no setor da construção civil (LAM, *et al.*, 2009).

Quanto a abordagem dos indicadores sustentáveis para a dimensão social, estes relacionados à segurança do trabalho e saúde ocupacional podem oferecer uma visão mais clara dos desperdícios causados por acidentes e fatalidades, através de um relacionamento entre ferramentas *Lean Construction*, conforme disposto no Quadro 9. A ocorrência de lesões ou mortes de trabalhadores levam a perda de confiabilidade dos processos, desmotivação da equipe envolvida nas demais atividades, impacto na comunidade local com a perda ou afastamento, e ainda a custos inicialmente não previstos (BAJJOU *et al.*, 2017).

QUADRO 9 - INDICADORES SOCIAIS

IDENTIFICAÇÃO	CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO	TIPO DE OBRA ONDE FOI APLICADO O INDICADOR	FERRAMENTA LEAN CONSTRUCTION QUE UTILIZOU O INDICADOR	AUTORES
Segurança e Saúde Ocupacional	Taxa de acidentes	Revisão de literatura para construção civil	<i>Last Planner System, Visual Management, 5S, Poka-Yoke</i>	BAJJOU <i>et al.</i> , 2017
	Ruído	Imobiliária	<i>Last Planner System, Visual Management</i>	SONG; LIANG, 2011
	Poeira	Imobiliária	<i>Last Planner System, Visual Management</i>	SONG; LIANG, 2011
	Treinamentos	Revisão de literatura para construção civil	<i>Last Planner System, Visual Management, 5S, Poka-Yoke</i>	BAJJOU <i>et al.</i> , 2017

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Quanto a abordagem dos indicadores sustentáveis para a dimensão econômica, a produtividade pode ser atrelada a esta dimensão. Como os mapas simulam o fluxo de produção em todo o fluxo de valor, por meio da representação do diagnóstico do estado atual do sistema de produção e detectando atividades que não agregam valor, os indicadores econômicos/ produtividade podem apresentar os maiores gargalos de produção (GUNDUZ; NASER, 2017), (HERAVI; FIROOZI, 2017), (ROSENBAUM *et al.*, 2013), (YU *et al.*, 2009), conforme disposto no Quadro 10:

QUADRO 10 - INDICADORES ECONÔMICOS FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

IDENTIFICAÇÃO	CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO	TIPO DE OBRA ONDE FOI APLICADO O INDICADOR	FERRAMENTA LEAN CONSTRUCTION QUE UTILIZOU O INDICADOR	AUTORES
Eficiência do Processo	(Tempo de mão de obra consumido por valor - tempo de execução da tarefa)/ Tempo total de trabalho	Imobiliária	Mapeamento do Fluxo de Valor	ABBASIAN-HOSSEINI <i>et al.</i> , 2014
		Imobiliária	<i>Last Planner System, Visual Management</i>	SONG; LIANG, 2011
	<i>Performance</i> : O tempo de espera de um elemento sendo processado pela próxima atividade; estas medidas tempos que não agregam valor	Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013
	<i>Just-in-Time</i> : Porcentagem concluída dentro do cronograma, também mostra porcentagens iniciais e posteriores	Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013
	<i>Work in Process (WIP)</i>	Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013
	<i>Yield</i> (Rendimento): A porcentagem de casas que passam por uma operação corretamente, sem qualquer retrabalho.	Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013



IDENTIFICAÇÃO	CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO	TIPO DE OBRA ONDE FOI APLICADO O INDICADOR	FERRAMENTA LEAN CONSTRUCTION QUE UTILIZOU O INDICADOR	AUTORES
Produtividade do Trabalho	Horas de trabalho reais/ Quantidade Instalada (previstas)	Imobiliária	Mapeamento do Fluxo de Valor	ABBASIAN-HOSSEINI <i>et al.</i> , 2014
	Tempo de ciclo	Instalação de dutos	Mapeamento do Fluxo de Valor	GUNDUZ; NASER, 2017
		Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013
		Imobiliária	Mapeamento do Fluxo de Valor	YU <i>et al.</i> , 2009
		Estruturas metálicas	Mapeamento do Fluxo de Valor	HERAVI; FIROOZI, 2017
		Imobiliária	<i>Last Planner System, Visual Management</i>	SONG; LIANG, 2011
	<i>Takt time</i> = Tempo de trabalho disponível por dia/ taxa de produtividade por dia	Instalação de dutos	Mapeamento do Fluxo de Valor	GUNDUZ; NASER, 2017
		Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013
		Estruturas metálicas	Mapeamento do Fluxo de Valor	HERAVI; FIROOZI, 2017
	<i>Lead time</i> = O tempo decorrido entre uma tarefa sendo concluída para a próxima tarefa iniciada	Imobiliária	Mapeamento do Fluxo de Valor	YU <i>et al.</i> , 2009
		Estruturas metálicas	Mapeamento do Fluxo de Valor	HERAVI; FIROOZI, 2017
	Taxa de produtividade desejada = Número de juntas/ Tempo disponível	Instalação de dutos	Mapeamento do Fluxo de Valor	GUNDUZ; NASER, 2018
	Tempo de valor agregado	Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013
Porcentagem iniciada no tempo = data de início feitas por subtrocas que são entregues no prazo, em porcentagem	Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013	
Muda com o tempo = O tempo que uma equipe precisa deixar de trabalhar em um projeto para outro, incluindo desmobilização e mobilização	Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013	
Tempo de atividade = Produção disponível tempo/ tempo realmente usado na construção, em porcentagem	Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013	
Tempo de inventário	O tempo de espera de um elemento sendo processado pela próxima atividade; estas medidas tempos que não agregam valor	Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013
	Inventário em processo / rendimento do supermercado	Hospitalar	Mapeamento do Fluxo de Valor	ROSENBAUM <i>et al.</i> , 2013
		Estruturas metálicas	Mapeamento do Fluxo de Valor	HERAVI; FIROOZI, 2017
Custos	Custo de recursos ocupado (\$)	Estruturas metálicas	Mapeamento do Fluxo de Valor	HERAVI; FIROOZI, 2017
	Custo ocioso dos recursos (\$)	Estruturas metálicas	Mapeamento do Fluxo de Valor	HERAVI; FIROOZI, 2017
	Custo total de fabricação de um estágio (\$)	Estruturas metálicas	Mapeamento do Fluxo de Valor	HERAVI; FIROOZI, 2017

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

A implantação e manutenção de um sistema de indicadores de desempenho tem que gerar benefícios que superem os custos (FRANCISCHINI, FRANCISCHINI, 2017). Para tanto, o envolvimento da liderança e demais partes interessadas é fundamental para a manutenção da ferramenta e que melhorias possam ser implantadas a partir da visualização do estado atual (BROWN *et al.*, 2014).

A abordagem do Mapeamento do Fluxo de Valor voltado para práticas *Lean and Green* ainda não foi extensamente utilizada no setor da construção civil, dispondo de estudos de caso disponíveis na literatura (ROSENBAUM *et al.*, 2013).

Toda a revisão de literatura apresentada neste capítulo sobre os conceitos *Lean and Green Construction* e Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável sustentam o desenvolvimento de um modelo de Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável que terá a sua aplicação dentro de um estudo de caso, detalhado no capítulo 3.

### 3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Neste capítulo está descrito a abordagem metodológica aplicada neste estudo, em etapas, desde a sua classificação até consolidação do modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor voltado para *Lean and Green Construction* proposto.

#### 3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi classificada da seguinte forma: quanto à natureza como Aplicada, por se tratar a solução de problemas com aplicação prática; quanto ao objetivo como Descritiva, pois visa descrever os fenômenos observados; quanto à forma de abordagem do problema como Qualitativa; por fim, quanto ao método, um Estudo de Caso (TURRIONI; MELLO, 2012); conforme sintetizado na Figura 10:

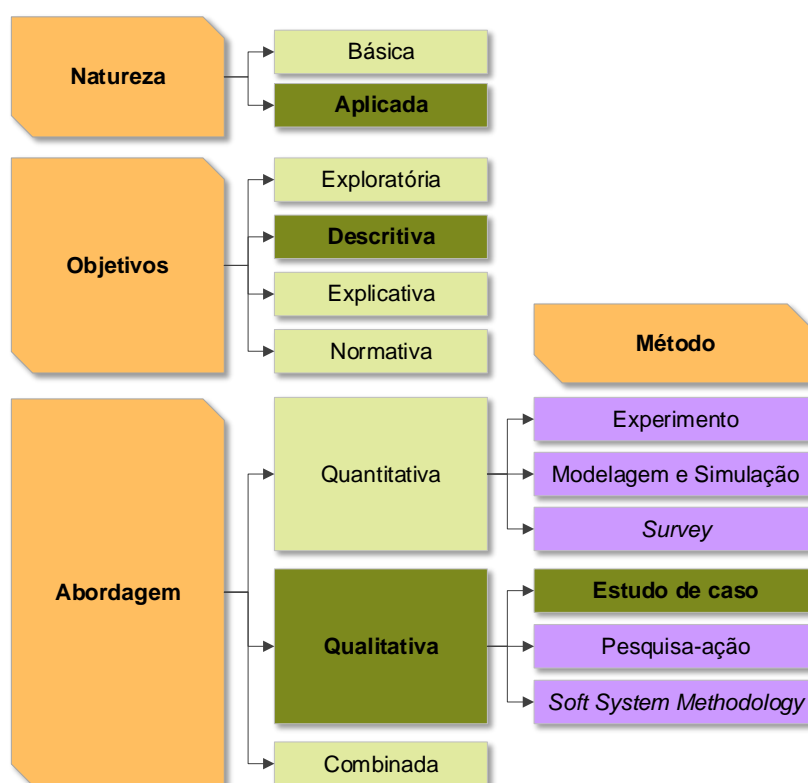


FIGURA 10 - CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA CIENTÍFICA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FONTE: TURRIONI, MELLO (2012)

O estudo de caso consiste em um trabalho baseado em experiências e observações de um ou múltiplos fato(s) atual(is), possibilitando entendimento e geração de teoria. Possui como principal interesse esclarecer os desdobramentos dos fenômenos que findam nos resultados da aplicação da teoria (MIGUEL, 2012).

Este método de pesquisa foi escolhido, por permitir o aumento a extensão sobre o Mapeamento do Fluxo de Valor voltado para o *Lean and Green Construction* de forma atual, investigando os limites de aplicação da teoria existente. Outro fator levado em consideração, é a aplicação deste modelo, direcionado ao uso operacional de engenheiros(as) civis, arquitetos(as), mestres de obras e demais funções que controlam e monitoram a produção diária em obras de construção civil.

### **3.2. ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

Para que o estudo de caso aqui proposto cumprisse seus objetivos foi utilizado o modelo, conforme ilustrado na Figura 11:

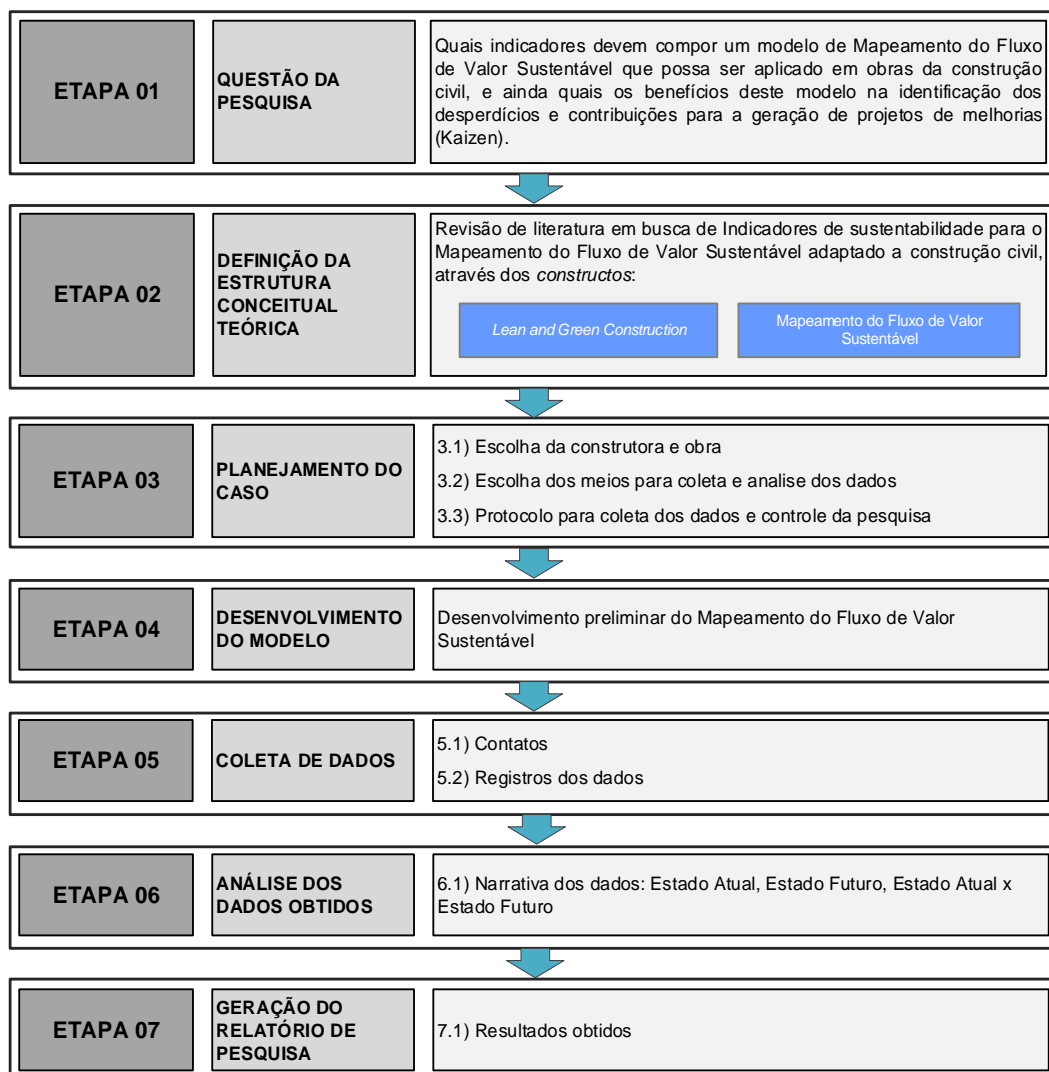


FIGURA 11 - ETAPAS PARA A CONDUÇÃO DO ESTUDO DE CASO

FONTE: ELABORADA PELA AUTORA

O desenvolvimento de cada etapa disposta na Figura 11 apresenta-se a seguir com as atividades de cada etapa detalhadas em partes, através dos subitens neste capítulo.

A **Etapa 1 – Questão da Pesquisa**, deu-se pela contextualização do problema de pesquisa, descrito no Capítulo 1 deste trabalho, iniciando assim a pesquisa.

Com base no problema de pesquisa, delineado sob os impactos ambientais e desperdícios nas operações de produção presentes em obras do referido setor, este trabalho concentra-se na proposta deste modelo direcionado ao *Lean and*

*Green Construction* como estudo de caso com aplicação. Como variáveis, os denominados *constructos* que levam à solução do problema abordado, através do embasamento empírico descrito no Capítulo 2 desta pesquisa são:

- *Lean and Green Construction*: abordagem e implantação de ferramentas *Lean Manufacturing* para a redução dos desperdícios; a gestão e garantia da qualidade para as ferramentas *Lean* tornem-se parte do sistema de gestão da obra e garanta a qualidade do produto; a sustentabilidade na execução de obras imobiliárias com o objetivo de diminuir impactos ambientais negativos e custos não previstos;
- Mapeamento do Fluxo de Valor: adaptação da ferramenta ao setor da construção civil, considerando o estado atual, indicadores para monitoramento da qualidade/ produtividade e sustentabilidade.

### **3.3. DEFINIÇÃO DA ESTRUTURA CONCEITUAL TEÓRICA**

Definidos os referenciais conceituais, *Lean and Green Construction* e Mapeamento do Fluxo de Valor, o mapeamento da literatura é a primeira parte desta etapa, denominada **Etapa 2 – Definição estrutural conceitual teórica**.

#### **⇒ Parte 1.1) Mapeamento da Literatura**

Para localizar os referenciais no contexto da literatura, o mapeamento iniciou-se com o uso da base de dados científicos *Web of Science* (<https://login.webofknowledge.com>). Quanto aos referenciais normativos técnicos vigentes, complementares aos artigos e relacionados a regulação de procedimento, foi utilizado o site da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas): [www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br).

#### **Parte 1.2) Delineamento das proposições e fronteiras**

A representação dos *constructos* foram mensuradas através da combinação das palavras-chaves cruzadas em língua inglesa. Em seguida, iniciou-se a busca por artigos científicos publicados nos últimos dez anos (2008 a 2018) disponíveis na

base de dados *Web of Science* e obteve-se o resultado apresentado na Tabela 1:

TABELA 1 - BUSCA POR ARTIGOS ATRAVÉS DAS PALAVRAS-CHAVES

CRUZAMENTO ENTRE AS PALAVRAS CHAVE ( <i>Strings</i> )	QUANTIDADE DE ARTIGOS ENCONTRADOS
<i>Sustainable</i>	<b>8</b>
AND	
<i>Value Stream Mapping Green</i>	
<i>Sustainable indicators</i>	<b>96</b>
AND	
<i>Green building</i>	
<i>Lean construction</i>	<b>476</b>
OR	
<i>Green construction</i>	
OR	
<i>Value Stream Mapping Green</i>	
OR	
<i>Waste in Construction</i>	

FONTE: ELABORADA PELA AUTORA

Posteriormente, os artigos científicos foram analisados por títulos, resumo e conteúdo, respectivamente, no que se refere às suas representatividades no âmbito do referencial teórico (Tabela 2): 0 – Irrelevante a pesquisa, 1 – Pode ser citado em algum momento e 2 – Relevante a pesquisa. A fase inicial é a **fase 1 – Revisão Teórica**, onde foram levantadas as quantidades de artigo encontrados utilizando três combinações entre as palavras-chaves na mesma base de dados, *Web of Science*. Na **fase 2 – Seleção do Título** foram consideradas a análise com classificação 1 – Pode ser citado em algum momento e 2 – Relevante a pesquisa, pois apenas com o título ainda era insuficiente para avaliar o uso do artigo. Durante a fase **3 – Seleção do Resumo** foram classificados através da verificação dos resumos, os artigos 2 – Relevante a pesquisa. Na última análise, durante a fase **4 – Seleção por conteúdo** os artigos científicos relevantes foram selecionados. Na Tabela 2 abaixo pode-se observar as fases das análises realizadas:

TABELA 2 - RESUMO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

FASE	Quantidade de artigos inicialmente encontrados	CRUZAMENTO DAS PALAVRAS-CHAVES <i>Web of Science</i>			ANÁLISE		
		<i>Sustainable indicators AND Green building</i>	<i>Sustainable AND Value Stream Mapping Green</i>	<i>Lean Construction OR Green Construction OR Value Stream Mapping Green OR Waste in construction</i>	1 - Irrelevante a pesquisa	0 - Pode ser citada em algum momento	2 - Relevante a pesquisa
1. REVISÃO TEÓRICA	580	96	8	476			
2. SELEÇÃO POR TÍTULO	104	15	6	84	0	21	83
3. SELEÇÃO POR RESUMO	104	15	6	84	30	16	58
4. SELEÇÃO POR CONTEÚDO	58	9	5	44	8	20	30

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Artigos científicos complementares recomendados por profissionais da academia (professores e pesquisadores) foram analisados e considerados, totalizando 08 artigos relevantes a pesquisa.

### 3.4. PLANEJAMENTO DO CASO

Após a **Etapa 2 – Definição estrutural conceitual teórica**, iniciou-se a **Etapa 3 – Planejamento do Caso** com a definição da elaboração de estudo de caso único, possibilitando o aprofundamento na investigação da pesquisa. Nesta etapa determinou-se os meios para coleta de dados, quanto para análise dos mesmos em três partes sequenciais: a escolha da construtora e obra; escolha dos meios para coleta e análise dos dados; e definição do protocolo para coleta de dados e controle da pesquisa.

#### ⇒ Parte 3.1) Escolha da construtora e obra

O estudo de caso desenvolveu-se em uma empresa do setor da construção civil, especificamente no segmento imobiliário. A escolha da construtora deu-se por meio de um levantamento de construtoras que estariam executando empreendimentos imobiliários, edificações multifamiliares de interesse social,



próximos à Universidade de modo a facilitar a implantação do modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor proposto, conseqüentemente proporcionando uma aproximação maior entre a academia e a prática.

Atuante no mercado imobiliário nos municípios de Americana, Hortolândia, Mogi Guaçu, Nova Odessa, Santa Bárbara d'Oeste, São José do Rio Pardo no Estado de São Paulo e no município de Três Lagoas no Estado de Mato Grosso do Sul, a construtora foi receptiva, outro aspecto relevante para a escolha da mesma, para a implantação do modelo como ferramenta de gestão na obra, após os contatos iniciais realizados por telefone e formalizados por e-mail (ver APÊNDICE A).

De acordo com Miguel (2012), o pesquisador da abordagem qualitativa atua em campo, próximo ao fenômeno. Este deve ter ciência da sua ação sob os indivíduos pesquisados e monitorar influência que possam causar impactos na pesquisa, como tendências e/ou distorção de informações.

Para evitar tais influências citadas, a autora se dispôs diante da empresa e pesquisa como pesquisadora, sem finalidade empregatícia e/ou disponível para qualquer tipo de consultoria e/ou afazeres que exigissem demanda extraordinária a pesquisa. Tal afirmativa foi acordada junto a empresa e a autora de dissertação antes do início da coleta de dados.

Posteriormente, foi realizada uma apresentação do modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor Sustentável proposto e o objetivo da pesquisa aos profissionais do sistema de gestão integrada da empresa construtora alocados na Sede dela. Estes profissionais direcionaram a obra XYZ, por estar mais próxima à Universidade e por ter profissionais mais receptivos a aplicação de novas ferramentas voltadas ao controle de produção. Durante esta apresentação, foi divulgado um cronograma para implantação do modelo em obra (Quadro 11):

QUADRO 11 - CRONOGRAMA TÍPICO PARA IMPLANTAÇÃO DO FLUXO VERDE DE VALOR

EDT	Nome da tarefa	Duração
<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO DO MODELO DE FLUXO DE VALOR VERDE ÀS PARTES INTERESSADAS (Engenheiro, Mestre de Obras, Profissionais da Qualidade, Engenheiro de Planejamento)</b>	1 dia
<b>2</b>	<b>DIAGNÓSTICO DA OBRA</b>	6 dias
2.1	Coleta de dados	1 dia
2.2	Verificação do cronograma da obra e das atividades críticas	1 dia
2.3	Verificação do monitoramento ambiental: geração de resíduos sólidos, consumo de água e consumo de energia elétrica	1 dia
2.4	Verificação do cronograma de suprimentos: materiais e equipamentos necessários a execução das atividades críticas	1 dia
2.5	Verificação do histograma de mão de obra direta e indireta	1 dia
2.6	Verificação das métricas de produtividade existentes	1 dia
<b>3</b>	<b>DETERMINAÇÃO DO ESTADO ATUAL E ESTADO FUTURO</b>	6 dias
3.1	Estado Atual	4 dias
3.2	Estado Futuro	2 dias
<b>4</b>	<b>REUNIÃO SEMANAL DE PLANEJAMENTO</b>	<b>5 dias</b>
4.1	Reunião 01: Atualização do Estado Atual - Marcação da primeira fiada	1 dia
4.2	Reunião 02: Atualização do Estado Atual - Assentamento até a sexta fiada	1 dia
4.3	Reunião 03: Atualização do Estado Atual - Grauteamento	1 dia
4.4	Reunião 04: Atualização do Estado Atual - Respaldo	1 dia
4.5	Reunião 05: Atualização do Estado Atual Final (todas as atividades)	1 dia
<b>5</b>	<b>RETORNO SOBRE A APLICAÇÃO E USO DA FERRAMENTA</b>	1 dia
5.1	Pesquisa/ entrevista 01	1 dia
<b>6</b>	<b>ENCERRAMENTO</b>	1 dia
6.1	Apresentação dos resultados e melhorias: Estado Atual x Estado Futuro	1 dia

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Os dados da empresa e da obra serão mantidos em confidencialidade, conforme solicitação da mesma.

A autora da dissertação colocou-se, a partir desta etapa, à disposição de contato para eventuais dúvidas acerca da aplicação do modelo proposto, objeto deste estudo de caso.

⇒ **Parte 3.2) Escolha dos meios para coleta e análise dos dados**

Após a escolha da construtora, uma de suas obras imobiliárias (edificação multifamiliar), em execução é direcionada para o estudo, com as seguintes características (Quadro 12):

QUADRO 12 - CARACTERÍSTICAS DA OBRA EM ESTUDO

<b>ESCOPO</b>	Edificação residencial multifamiliar com 04 (quatro) torres e 192 unidades
<b>PRAZO</b>	Maio de 2021
<b>ATIVIDADES CRÍTICAS EM EXECUÇÃO</b>	Estruturas em concreto armado (lajes), instalações prediais (elétricas e hidráulicas), alvenaria estrutural

FONTE: ELABORADA PELA AUTORA

Este tipo de obra foi escolhido pela repetição e simultaneidade das atividades executivas, possibilitando que o modelo proposto de Mapeamento de Fluxo de Valor seja calibrado e torne uma ferramenta de gestão fundamental para o monitoramento das atividades mais crítica da obra.

O cronograma da obra e as visitas *in loco* ao canteiro de obras foram os iniciais e principais meios de coleta e análise dos dados, para a validação da atividade crítica (Quadro 13) que utilizou o Mapeamento de Fluxo de Valor Sustentável.

QUADRO 13 - PANORAMA DA ATIVIDADE CRÍTICA

<b>ATIVIDADE CRÍTICA SELECIONADA</b>	Alvenaria Estrutural
<b>ATIVIDADES CONCOMITANTES</b>	Estruturas em concreto armado (lajes)
<b>ATIVIDADES SUCESSORAS</b>	Instalações hidrossanitárias, instalações elétricas de baixa tensão, estruturas em concreto armado (lajes), revestimento argamassado (chapisco, emboço e reboco)

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

### ⇒ **Parte 3.3) Protocolo para coleta de dados e controle da pesquisa**

Com a atividade crítica mapeada determinou-se o protocolo de pesquisa para a coleta de dados.

O protocolo de pesquisa foi elaborado conforme as recomendações para a condução do estudo de caso feitas por Miguel (2007) e posteriormente compilado (Quadro 14):

#### QUADRO 14 - PROTOCOLO PARA COLETA DE DADOS

PROTOCOLO PARA COLETA DE DADOS				
EMPRESA:		EMPRESA CONSTRUTORA		
OBRA (Nome/ Localização):		XYZ		
ATIVIDADE CRÍTICA:			ALVENARIA ESTRUTURAL	PRAZO: Maio/2012
ITEM	DADOS PARA COMPOSIÇÃO DOS ESTADOS ATUAL E FUTURO	FORMA DE COLETA	PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS (Consultados/ entrevistados)	VARIÁVEIS DE CONTROLE DA PESQUISA
1	Cronograma e histograma da obra	Documentos em meio físico	Engenheiro Civil responsável pela obra	- Verificar o caminho crítico do cronograma; - Verificar as atividades críticas; - Verificar histograma de mão de obra e equipamentos; - Verificar as datas de entrega de materiais.
2	Projetos (plantas) executivos	Observação e análise dos projetos em meio físico na obra	Engenheiro Civil responsável pela obra	- Analisar os métodos executivos da atividade crítica escolhida para ser mapeada; - Verificar se existem requisitos normativos a serem cumpridos para garantia e conformidade da qualidade da atividade crítica em questão.
3	Consumo de água	Medições do consumo de água dos últimos três meses da obra, em meio físico	Administrativo	- Relacionar o consumo de água e as atividades executadas nos últimos três meses.
4	Consumo de energia elétrica	Medições do consumo de energia elétrica dos últimos três meses da obra, em meio físico	Administrativo	- Relacionar o consumo de energia elétrica e as atividades executadas nos últimos três meses.
5	Geração de resíduos sólidos	Controle de Transporte dos resíduos sólidos dos últimos três meses da obra, em meio físico	Administrativo	- Relacionar o volume de resíduos sólidos gerados e as atividades executadas nos últimos três meses.
6	Índices de produção e/ou produtividade	Resultados do monitoramento dos últimos três meses	Engenheiro Civil responsável pela obra	- Verificar os resultados de monitoramento da produção: homem x hora trabalhada, faltas dos profissionais de mão de obra direta.
7	Observação do fluxo de informações existente	Verificação e apontamento das condições do fluxo na frente de trabalho, em meio físico	- Mestre de obras; - Encarregados; - Engenheiro Civil responsável pela obra; - Demais profissionais envolvidos nas tarefas da atividade mapeada.	- Verificar as horas trabalhadas (produtivas e não produtivas); - Verificar a movimentação de materiais e equipamentos; - Verificar o consumo de água e energia elétrica; - Verificar a quantidade de resíduos gerados por tarefa; - Verificar os treinamentos realizados; - Verificar se houve absenteísmo e acidentes.
8	Reuniões semanais de planejamento	Atas de reunião em meio físico com a comparação entre o Estado Atual e o Estado Futuro	- Mestre de obras; - Encarregados; - Engenheiro Civil responsável pela obra; - Demais profissionais envolvidos nas tarefas da atividade mapeada.	- Monitorar os estados atuais semanalmente, sempre comparando ao estado futuro; - Verificar melhorias para o modelo proposto.
9	Feedback do modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor proposto	Pesquisa sobre a ferramenta em meio físico	- Mestre de obras; - Encarregados; - Engenheiro Civil responsável pela obra; - Demais profissionais envolvidos nas tarefas da atividade mapeada.	- Verificar se a ferramenta foi útil em seu propósito (inicialmente explanado); - Verificar se visualmente é efetiva e clara; - Verificar se os indicadores ambientais causam impacto aos envolvidos quando apresentados.
10	Reunião de encerramento	Apresentação dos resultados aos envolvidos	- Mestre de obras; - Encarregados; - Engenheiro Civil responsável pela obra; - Demais profissionais envolvidos nas tarefas da atividade mapeada.	- Avaliar a eficácia do modelo proposto; - Verificar as oportunidades de melhoria evidenciadas após a aplicação.

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Referente ao protocolo disposto no Quadro 14, a primeira e a segunda coluna relacionam os dados coletados para a composição do estado atual e futuro do

Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável. Na coluna seguinte, apresentam-se os meios que foram utilizados para coleta dos dados: cronogramas, indicadores e projetos.

Na quarta coluna encontram-se destacados os dados provenientes dos profissionais envolvidos, ora consultados, ora entrevistados.

Por fim, a quinta coluna pauta as variáveis de controle da pesquisa, cuja verificação ocorre durante a coleta de dados.

### **3.5. DESENVOLVIMENTO DO MODELO**

A **Etapa 4 – Desenvolvimento do Modelo** dá-se pelo desenvolvimento do Modelo de Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável, considerando a contribuição acadêmica oriunda da **Etapa 2 – Definição da Estrutura Conceitual Teórica**.

A **Etapa 4** encontra-se descrita no capítulo 4 deste trabalho, na qual descreve os indicadores sustentáveis que farão parte do Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável, bem como os procedimentos para aplicá-lo em obras da construção civil.

### **3.6. COLETA DE DADOS**

A **Etapa 5 – Coleta de Dados** consistiu-se em inteirar as fontes dos dados coletados para embasar os *constructos* desta pesquisa, tentando à consonância entre as evidências coletadas. Esta etapa dividiu-se em duas partes, para que os dados fossem coletados em conformidade com o Protocolo de Coleta de Dados (Quadro 14): contatos e registros dos dados; respectivamente explanadas nos subitens a seguir.

#### **⇒ Parte 5.1) Contatos**

A coleta dos dados, em sua maior parte, foi realizada na frente de trabalho, onde os profissionais de mão de obra direta estavam executando a atividade de alvenaria estrutural. Estes profissionais de mão de obra direta eram de uma

empresa terceirizada e foram informados do caráter da pesquisa, e que ainda, não iria gerar qualquer impacto nas atividades e tarefas em que estavam trabalhando. Os registros do fluxo de informação existente foram coletados pela autora da dissertação através da observação das atividades e tarefas em execução.

Quanto aos dados: Cronograma e histograma da obra, Projetos (plantas) executivos, Índices de produção e/ou produtividade; foram obtidos junto ao Engenheiro Civil responsável pela obra em meio físico na obra XYZ. Os consumos de água, energia elétrica e geração de resíduos foram obtidos junto ao Administrativo da obra, que enviou os indicadores por *e-mail*.

### ⇒ **Parte 5.2) Registros dos dados**

Os registros dos dados coletados foram realizados por meio de atas de reunião, relatórios fotográficos, formulário para Observação do Fluxo de Valor Verde no Estado Atual e pesquisa sobre o uso do Fluxo de Valor Verde, que vão servir de base para análise dos resultados, que estarão descritos no capítulo 5 deste trabalho.

As reuniões de abertura e apresentação dos dados coletados em campo foram registradas e, atas de reunião, por meio do preenchimento do modelo disposto na Figura 11:

ATA DE REUNIÃO						DATA																								
						HORARIO																								
PAUTA:				LOCAL:																										
PARTICIPANTES																														
NOME				ÁREA / EMPRESA																										
ITEM	ASSUNTO / ATIVIDADE	RESPONSÁVEL	PRAZO		STATUS	Observações																								
			PREVISTO	REAL																										
MONITORAMENTO DAS ATIVIDADES				PLANEJAMENTO DA PRÓXIMA REUNIÃO																										
<table border="1"> <tr><td>CONCLUÍDA</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>EM ANDAMENTO</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>ATRASADA</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>REPROGRAMADA</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P/ INFORMAÇÃO</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>TOTAL DE AÇÕES GERADAS</td><td></td><td>0</td></tr> </table>				CONCLUÍDA			EM ANDAMENTO			ATRASADA			REPROGRAMADA			P/ INFORMAÇÃO			TOTAL DE AÇÕES GERADAS		0	<table border="1"> <tr><td>DATA</td><td></td></tr> <tr><td>LOCAL</td><td></td></tr> <tr><td>ORGANIZADOR (A)</td><td>Mariana Bravo</td></tr> </table>			DATA		LOCAL		ORGANIZADOR (A)	Mariana Bravo
CONCLUÍDA																														
EM ANDAMENTO																														
ATRASADA																														
REPROGRAMADA																														
P/ INFORMAÇÃO																														
TOTAL DE AÇÕES GERADAS		0																												
DATA																														
LOCAL																														
ORGANIZADOR (A)	Mariana Bravo																													

FIGURA 121 - MODELO DE ATA DE REUNIÃO

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Quanto ao registro fotográfico do acompanhamento das tarefas, bem como apontamento de sugestões de melhoria às tarefas observadas pela autora da dissertação foram registrados no modelo de formulário disposto na Figura 13.



RELATÓRIO FOTOGRÁFICO				Data da emissão		
				XX/XX/2019		
DADOS DA VISITA						
Obra:		Localização:		Atividade Crítica:		
ÁREA VERIFICADA:		TAREFA:		Constatação		
ESTADO ATUAL	FOTO		Observações		Aguardar registro	Descrição da constatação/ ação
					Sinalizar de emergência	

FIGURA 133 - MODELO DE RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Ainda no que tange a coleta de dados para a composição do estado atual do Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável, foram utilizados para cada tarefa da atividade crítica um formulário para auxiliar no delineamento dos fluxos de materiais, equipamentos e mão de obra, conforme disposto na Figura 15.

Para a compilação dos indicadores sustentáveis foram coletados dados para cálculo, também através do formulário de Observação do Fluxo de Valor Verde – Estado Atual, nos campos específicos: indicadores ambientais – folha 01/02 (Figura 15), indicadores econômicos e sociais – folha 02/02 (Figura 16).

OBSERVAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE NO ESTADO ATUAL - COLETA DE DADOS									
ATIVIDADE CRÍTICA:			TAREFA:			OBRA:			
OBSERVADOR(A):			RESPONSÁVEL PELA OBRA:						
IDENTIFICAÇÃO DA MÃO DE OBRA	NÚMERO	NOME	FUNÇÃO	EMPRESA	CLASSIFICAÇÃO PRODUTIVA DAS HORAS	NÚMERO	NOME		
	1					1	INTERVALOS		
	2					2	BUSCA POR MATERIAS		
	3					3	BUSCA POR EQUIPAMENTOS		
	4					4	EXECUÇÃO DA TAREFA		
	5					5	INSPEÇÃO DA QUALIDADE		
	6					6	RETRABALHO		
	7					7	SUPERVISÃO		
	8					8	TREINAMENTO		
	9					9	ABSENTEISMO POR FALTA		
	10					10	ABSENTEISMO POR ACIDENTE COM AFASTAMENTO		
11				11	ABSENTEISMO POR ACIDENTE SEM AFASTAMENTO				

DATA	HORÁRIO		SERVIÇO	MÃO DE OBRA ENVOLVIDA (Número)	CLASSIFICAÇÃO PRODUTIVA DAS HORAS DE SERVIÇO	INDICADORES AMBIENTAIS						
	Início	Fim				Consumo de Água		Consumo de Energia		Geração de resíduos		
						Fonte	Consumo (l)	Fonte	Consumo (kWh)	Fonte	Quantidade gerada (m <sup>3</sup> )	Classificação CONAMA
	7:00	8:00										
	8:00	9:00										
	9:00	10:00										
	10:00	11:00										
	11:00	12:00										
	12:00	13:00										
	13:00	14:00										
	14:00	15:00										
	15:00	16:00										
	16:00	17:00										
	18:00	19:00										
	19:00	20:00										

FIGURA 14 - MODELO DE FORMULÁRIO PARA OBSERVAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE NO ESTADO ATUAL - COLETA DE DADOS (FOLHA 1/2)

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

OBSERVAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE NO ESTADO ATUAL - COLETA DE DADOS									
ATIVIDADE CRÍTICA:			TAREFA:			OBRA:			
OBSERVADOR(A):			RESPONSÁVEL PELA OBRA:						
INDICADORES ECONÔMICOS (Produtividade)	Quantidade dos funcionários envolvidos na tarefa								
	Total de horas não trabalhadas (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO NÃO PRODUTIVAS: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)								
	Total de horas trabalhadas (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 4)								
	TEMPO EFETIVO Te (TOTAL DE HORAS TRABALHADAS/ QUANTIDADE DE FUNCIONÁRIOS)								
	TC: TEMPO DE CICLO (HORÁRIO FINAL) - (HORÁRIO INICIAL)								
INDICADORES SOCIAIS	TREINAMENTO IT (PREVISTO: 30% x somatória das horas de trabalho previstas para a execução da atividade)								
	ABSENTEISMO POR FALTAS Af (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 9)								
	ABSENTEISMO POR ACIDENTE COM AFASTAMENTO Aca (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 10)								
	ABSENTEISMO POR ACIDENTE SEM AFASTAMENTO Asa (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 11)								

FIGURA 15 - MODELO DE FORMULÁRIO PARA OBSERVAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE NO ESTADO ATUAL - COLETA DE DADOS (FOLHA 2/2)

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Para a verificação da aceitação do Modelo de Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável, denominado como Fluxo de Valor Verde, como uma ferramenta para gestão *Lean and Green* da obra foram realizadas duas pesquisas. A primeira foi realizada logo após a apresentação inicial do trabalho de pesquisa que seria realizado na obra XYZ, por meio do formulário disposto nas Figuras 17, 18 e 19.

A segunda pesquisa foi realizada após o término da aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável, junto ao Engenheiro Civil responsável pela obra XYZ por meio do formulário disposto nas Figuras 20, 21 e 22.

**PESQUISA SOBRE O USO DO FLUXO DE VALOR VERDE**

Primeiro momento: após a apresentação da funcionalidade da ferramenta

Nome (opcional): \_\_\_\_\_

Função: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_

**A sua opinião é muito importante para este estudo que está em andamento, pois ajudará a melhorar a ferramenta em questão para aplicação em outras atividades da obra.**

1. Você conseguiu visualizar o Fluxo de materiais e informações da atividade mais crítica da obra?

SIM     NÃO




*Justificativa da resposta:*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Você conseguiu visualizar e monitorar os **Indicadores Ambientais** (preenchidos dentro dos campos da figura abaixo): *Água, Energia e Resíduos* nos quadros que representam o Estado Atual e o Estado Futuro?

SIM     NÃO

*Justificativa da resposta:*



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

FIGURA 16 - MODELO DE PESQUISA SOBRE O USO DO FLUXO DE VALOR VERDE - PRIMEIRO MOMENTO (FOLHA 01/03)

3. Você conseguiu visualizar e monitorar os **Indicadores Econômicos (Produtividade)** (preenchidos dentro dos campos da figura abaixo): *Tempo de Ciclo (TC)* e *Tempo Efetivo (Te)* nos quadros que representam o Estado Atual e o Estado Futuro?

SIM     NÃO

Justificativa da resposta:

---



---







---



---

4. Você conseguiu visualizar e monitorar os **Indicadores Sociais** (preenchidos dentro dos campos da figura abaixo): *Treinamento sobre o empreendimento (IT)*, *Absenteísmo por faltas (Af)*, *Absenteísmo por acidente com afastamento (Aca)* e *Absenteísmo por acidente sem afastamento (Asa)* nos quadros que representam o Estado Atual e o Estado Futuro?

SIM     NÃO

Justificativa da resposta:

---



---



---



---

FIGURA 17 - MODELO DE PESQUISA SOBRE O USO DO FLUXO DE VALOR VERDE - PRIMEIRO MOMENTO (FOLHA 02/03)

5. Você utilizaria o Fluxo de Valor Verde para outras atividades críticas da obra?

SIM       NÃO

*Justificativa da resposta:*

---

---

---

---

6. Qual seria a maior dificuldade em implantar o Fluxo de Valor Verde?

SIM       NÃO

*Justificativa da resposta:*

---

---

---

---

7. Você vê dificuldade na interpretação dos ícones do Fluxo de Valor Verde?

SIM       NÃO

*Justificativa da resposta:*

---

---

---

---

FIGURA 18 - MODELO DE PESQUISA SOBRE O USO DO FLUXO DE VALOR VERDE – PRIMEIRO MOMENTO (FOLHA 03/03)

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

**PESQUISA SOBRE O USO DO FLUXO DE VALOR VERDE**  
**Segundo momento: após a aplicação da ferramenta**

Nome (opcional): \_\_\_\_\_

Função: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_

**A sua opinião é muito importante para este estudo que está em andamento, pois ajudará a melhorar a ferramenta em questão para aplicação em outras atividades da obra.**

1. Você conseguiu visualizar o Fluxo de materiais e informações da atividade mais crítica da obra?

SIM     NÃO

*Justificativa da resposta:*




\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Você conseguiu visualizar e monitorar os **Indicadores Ambientais** (preenchidos dentro dos campos da figura abaixo): *Água, Energia e Resíduos* nos quadros que representam o Estado Atual e o Estado Futuro?

SIM     NÃO

*Justificativa da resposta:*

\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

FIGURA 19 - MODELO DE PESQUISA SOBRE O USO DO FLUXO DE VALOR VERDE – SEGUNDO MOMENTO (FOLHA 01/03)

3. Você conseguiu visualizar e monitorar os **Indicadores Econômicos (Produtividade)** (preenchidos dentro dos campos da figura abaixo): *Tempo de Ciclo (TC)* e *Tempo Efetivo (Te)* nos quadros que representam o Estado Atual e o Estado Futuro?

SIM     NÃO

*Justificativa da resposta:*

---



---







---



---

4. Você conseguiu visualizar e monitorar os **Indicadores Sociais** (preenchidos dentro dos campos da figura abaixo): *Treinamento sobre o empreendimento (IT)*, *Absenteísmo por faltas (Af)*, *Absenteísmo por acidente com afastamento (Aca)* e *Absenteísmo por acidente sem afastamento (Asa)* nos quadros que representam o Estado Atual e o Estado Futuro?

SIM     NÃO

*Justificativa da resposta:*

---



---



---



---

FIGURA 20 - MODELO DE PESQUISA SOBRE O USO DE FLUXO DE VALOR VERDE - SEGUNDO MOMENTO (FOLHA 02/03)



5. Você utilizaria o Fluxo de Valor Verde para outras atividades críticas da obra?

SIM       NÃO

*Justificativa da resposta:*

---

---

---

---

6. Qual seria a maior dificuldade em implantar o Fluxo de Valor Verde?

---

---

---

---

7. Você vê dificuldade na interpretação dos ícones do Fluxo de Valor Verde?

SIM       NÃO

*Justificativa da resposta:*

---

---

---

---

FIGURA 21 - MODELO DE PESQUISA SOBRE O USO DO FLUXO DE VALOR VERDE - SEGUNDO MOMENTO (FOLHA 03/03)

FONTE: ELABORADA PELA AUTORA

Estes registros apresentam as condições das atividades nos Estados Atual e Futuros ao longo das semanas de aplicação que se seguirem, conforme cronograma de implantação (Figura 16 – páginas 49 e 50) e Protocolo de Coleta de Dados (Quadro 14 – página 52).

### **3.7. ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS**

Na **Etapa 6 – Análise dos dados obtidos** do estudo de caso, uma narrativa foi produzida a fim de se analisar os dados obtidos, em sequência às linhas do Protocolo de Coleta de Dados (Quadro 14 – página 52). Esta etapa apresenta-se descrita no capítulo: 5. Resultados Obtidos.

### **3.8. GERAÇÃO DO RELATÓRIO DE PESQUISA**

Durante a **Etapa 7 – Geração do Relatório de Pesquisa** foram apresentados os resultados obtidos em concordância às implicações teóricas da pesquisa. A compilação do relatório de pesquisa consta no capítulo 4 deste trabalho e as conclusões finais, assim como as sugestões para trabalhos futuros constam no capítulo 5.

## **4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO**

Neste capítulo estão descritas as etapas necessárias para que o Modelo de Mapeamento do Fluxo de Valor fosse desenvolvido em consonância com a revisão de literatura e para aplicação em obras de construção civil, mais especificamente do segmento imobiliário.

### **4.1. *DESENVOLVIMENTO PRELIMINAR DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR SUSTENTÁVEL***

Para que o Mapeamento do Fluxo de Valor Verde funcione como uma eficaz ferramenta de comunicação, é necessária que seja feita a gestão dos suprimentos no canteiro de obras, para matéria prima, equipamentos e ferramentas manuais. De forma a reduzir o desperdício de movimentação, estoques e até mesmo alteração na sequência produtiva, bem como a geração de resíduos, a gestão de suprimentos no canteiro de obras deve ser feita desde a qualificação da matéria prima e seu respectivo fornecedor até a aplicação do material no processo produtivo.

A metodologia tradicional desenvolvida por Rother, Shook (2012) foi utilizada como procedimento para elaboração do Mapeamento do Fluxo de Valor, devido a larga utilização da metodologia, como foi observado durante a revisão de literatura deste trabalho. Inicialmente, com papel e lápis, os ícones propostos pelos autores (Figura 23) foram utilizados.

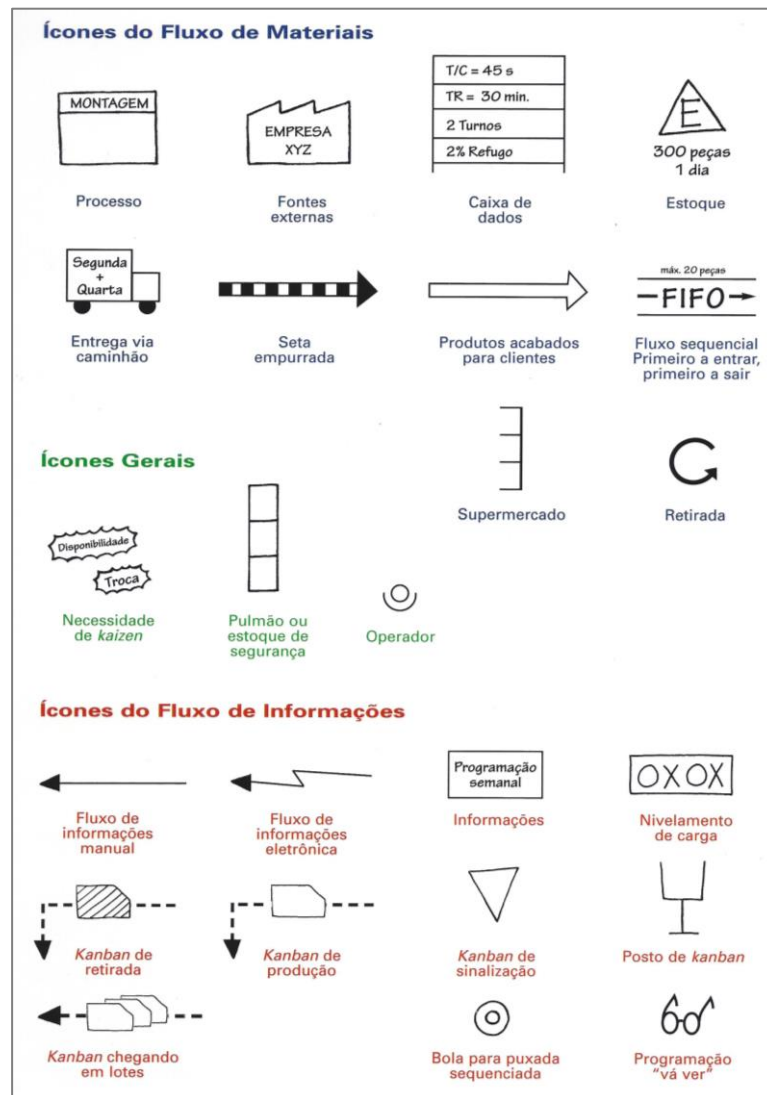


FIGURA 22 - ÍCONES E SÍMBOLOS PARA MAPEAMENTO DOS ESTADOS ATUAL E FUTURO

FONTE: ROTHER, SHOOK (2012)

Uma família de produtos, caracterizada como atividade foi escolhida para que, inicialmente, se compreendesse como seria aplicação da ferramenta em uma obra em execução. A atividade escolhida foi: execução de estruturas de concreto armado, por se tratar de uma atividade que conta com a aplicação de materiais, equipamentos e mão de obra diferentes em grandes quantidades. Além disso, no que tange a sustentabilidade é uma das atividades que na dimensão ambiental gera resíduos (como madeira, aço, concreto), consumo de água e energia elétrica; na dimensão econômica atinge a produtividade, por ter etapas

manuais e dependerem da disposição dos materiais no canteiro; na dimensão social, pelos riscos das tarefas a segurança e saúde ocupacional do trabalhador.

Os indicadores sustentáveis foram inicialmente delineados em conformidade com as certificações ambientais e de qualidade das obras de construção civil do segmento imobiliário: como o PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat) e o Selo Caixa Azul (vide Quadro 3 – página 28).

Logo, o protótipo utilizando papel e lápis foi elaborado, considerando as seguintes etapas e questionamentos para verificar a viabilidade da forma de aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável, como disposto na Figura 24:

- Etapa 1 - Ferramentas *Lean Manufacturing* para a construção: quais seriam as ferramentas Lean que poderiam ser aplicáveis junto ao Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável;
- Etapa 2 - Gestão de Suprimentos: quais seriam os materiais, equipamentos e fornecedores que deveriam ser mapeados;
- Etapa 3 – Sustentabilidade: quais seriam os indicadores mais viáveis para obras do segmento imobiliário;
- Etapa 4 – Monitoramento dos resultados: como os resultados dos indicadores poderiam ser dispostos.

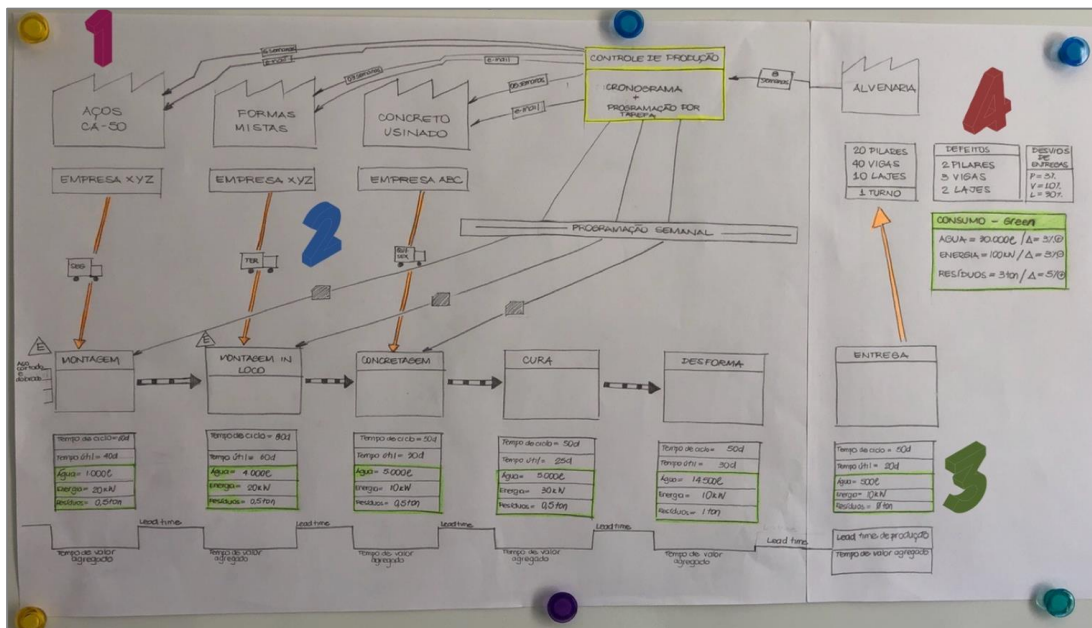


FIGURA 23 - MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR SUSTENTÁVEL

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

No entanto, o Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável quando elaborado em papel ou até mesmo, como visto nos artigos sobre a ferramenta, por meio de *softwares* poderiam proporcionar uma barreira aos profissionais do setor quanto a aplicação. Destacando a questão da escolaridade por ocupação no setor da construção civil (ver Figura 3 – página 7), a ferramenta teria de ser elaborada de forma mais acessível, clara e objetiva utilizando ícones padrões do Mapeamento de Fluxo de Valor dispostos em imãs quadro metálico, com possibilidade de atualização do estado atual e manutenção do estado futuro sem a perda de dados. Desta forma, foi desenvolvido um novo protótipo para que fosse refutado o uso da ferramenta, conforme disposto nas Figuras 25 e 26.

A manutenção da ferramenta por quadros metálicos e imãs dentro de um canteiro de obras poderia proporcionar maior durabilidade e uso do Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável, ao contrário do papel, que teria de ter os estados atual e futuro desenhados a cada atualização e, ou ainda a cada dano causado ao desenho, como por exemplo: poeira, umidade.

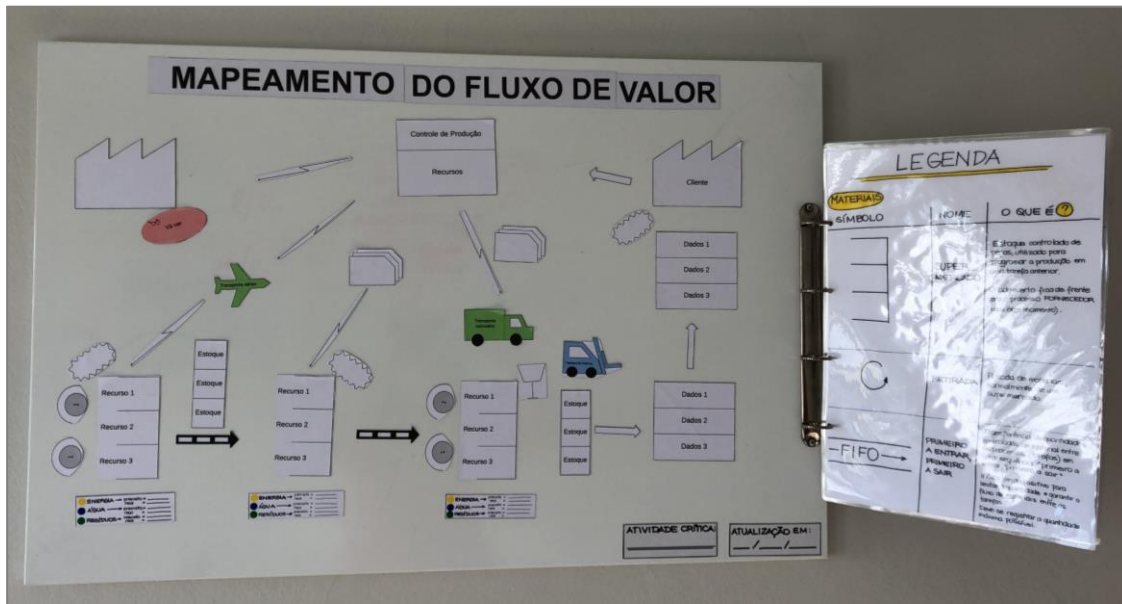


FIGURA 24 - MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR VERDE: PROTÓTIPO EM QUADRO METÁLICO

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA



FIGURA 25 - MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR VERDE: LEGENDA DO PROTÓTIPO EM QUADRO METÁLICO





FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Todos os termos em descritos em língua inglesa e japonesa, foram transcritos em língua portuguesa para facilitar o entendimento entre os profissionais

envolvidos, para que não ocorra qualquer tipo de constrangimento quanto a pronúncia e seja mais fácil o entendimento.

Após a conclusão da revisão de literatura, selecionou-se os indicadores sustentáveis que poderiam ser mais utilizados para empresas construtoras durante a execução de obras e que pudessem ao mesmo tempo atender a requisitos de referências para certificações de obras imobiliárias, como o PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat) e o Selo Caixa Azul. Para tanto, os indicadores sustentáveis vinculados ao Mapeamento do Fluxo de Valor foram os que estão dispostos no Quadro 15.

QUADRO 15 - SUMARIZAÇÃO DOS INDICADORES SUSTENTÁVEIS

 <b>INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE</b>		
Pilares da Sustentabilidade	Títulos e métricas	Fonte
 <b>AMBIENTAIS</b>	<p>(1) <b>Indicador de consumo de água:</b> consumo de água potável no canteiro de obras por m<sup>2</sup> de área construída – medido de modo acumulado ao final da obra, em m<sup>3</sup> de água / m<sup>2</sup> de área construída;</p> <p>(2) <b>Indicador de consumo de energia:</b> consumo de energia no canteiro de obras por m<sup>2</sup> de área construída – medido de modo acumulado ao final da obra, em kWh de energia elétrica / m<sup>2</sup> de área construída.</p> <p>(3) <b>Geração de resíduos por atividade</b> (<math>G_w</math>) = (Índice de geração de resíduos por tempo de atividade ou trabalho (<math>I_a</math>) em quilos x Período de duração da atividade (<math>P_c</math>))</p>	<p>(1) e (2) Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat - Regimento do SiAC - Especialidade Técnica Execução de Obras (Portaria nº 383 de 14/06/2018) Anexos I, II, III e IV</p> <p>(3) PAZ; LAFAYETTE (2016)</p>
 <b>ECONÔMICOS</b>	<p><b>Indicadores de produtividade:</b> <b>Tempo efetivo</b> = (Total de horas contratadas) – (intervalos + treinamentos + busca por materiais + busca por equipamentos + somatória dos indicadores de absenteísmo)</p>	<p>ROTHER; SHOOK (2012), ROSENBAUM <i>ET AL.</i>, (2013), YU <i>ET AL.</i>, (2009), Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat - Regimento do SiAC - Especialidade Técnica Execução de Obras (Portaria nº 383 de 14/06/2018) Anexos I, II, III e IV</p>
 <b>SOCIAIS</b>	<p>(1) <b>Treinamento sobre o empreendimento e os impactos do mesmo</b> (IT) = 30% x somatória das horas de trabalho previstas para a execução da atividade</p> <p>(2) <b>Absenteísmo por faltas</b> = somatória de horas não trabalhadas por faltas</p> <p>(3) <b>Absenteísmo por acidente com afastamento</b> = somatória de horas não trabalhadas por faltas</p> <p>(4) <b>Absenteísmo por acidente sem afastamento</b> = somatória de horas não trabalhadas por faltas</p>	<p>(1) Selo Casa Azul - Boas práticas para habitação mais sustentável</p> <p>(2), (3) e (4) Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat - Regimento do SiAC - Especialidade Técnica Execução de Obras (Portaria nº 383 de 14/06/2018) Anexos I, II, III e IV</p>

FUNTE: ELABORADO PELA AUTORA



Considerando que estas certificações, atualmente são meios para se nortear gestões de qualidade, ambiental e social à empresas construtoras de obras do segmento imobiliário, deu-se mais ênfase na utilização dos indicadores contidos nos referenciais normativos.

#### 4.2. DESENVOLVIMENTO DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR SUSTENTÁVEL

Após a empresa construtora ser escolhida, foi desenvolvido um último protótipo com um nome mais enxuto que pudesse facilitar o entendimento da ferramenta *Lean Construction* e do monitoramento ambiental – uso eficiente da água e energia elétrica, monitoramento da geração de resíduos sólidos: Fluxo de Valor Verde.

Utilizando a mesma metodologia do protótipo anterior, com os quadros metálicos para compor os estados atual e futuro e os ícones (ver Figura 23 – Ícones e símbolos para Mapeamento dos Estados Atual e Futuro, página 69), conforme mostram as Figuras 27 e 28.



FIGURA 26 - MODELO DO FLUXO DE VALOR VERDE - ESTADO ATUAL

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

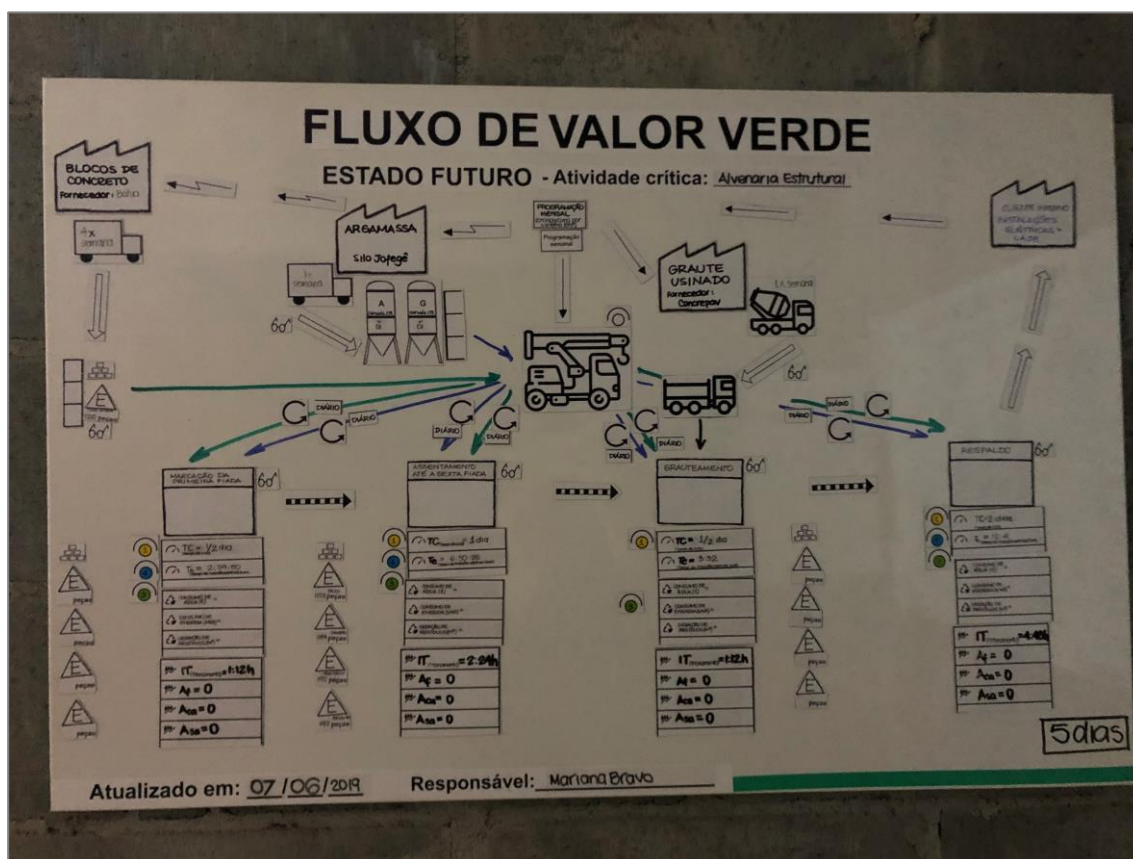


FIGURA 27 - MODELO DO FLUXO DE VALOR VERDE - ESTADO FUTURO

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Foram criados formulários para se coletar os dados e gerar o estado atual (ver Figuras 15 e 16 - Modelo de formulário para Observação do Fluxo de Valor Verde no Estado Atual - Coleta de Dados), assim como um procedimento para a implantação do Fluxo de Valor Verde na obra, disposto no APÊNDICE B deste trabalho. Os dados seriam coletados de hora em hora, de forma que pudesse se obter uma imagem do momento da execução, desta maneira tornaria a coleta mais viável e focada.

Neste protótipo final, tanto o formulário como o procedimento estariam dispostos ao lado do quadro, para que o Fluxo de Valor Verde, futuramente, pudesse ser

utilizado em outras atividades críticas da obra que estariam por vir, conforme disposto nas Figuras 30 e 31.

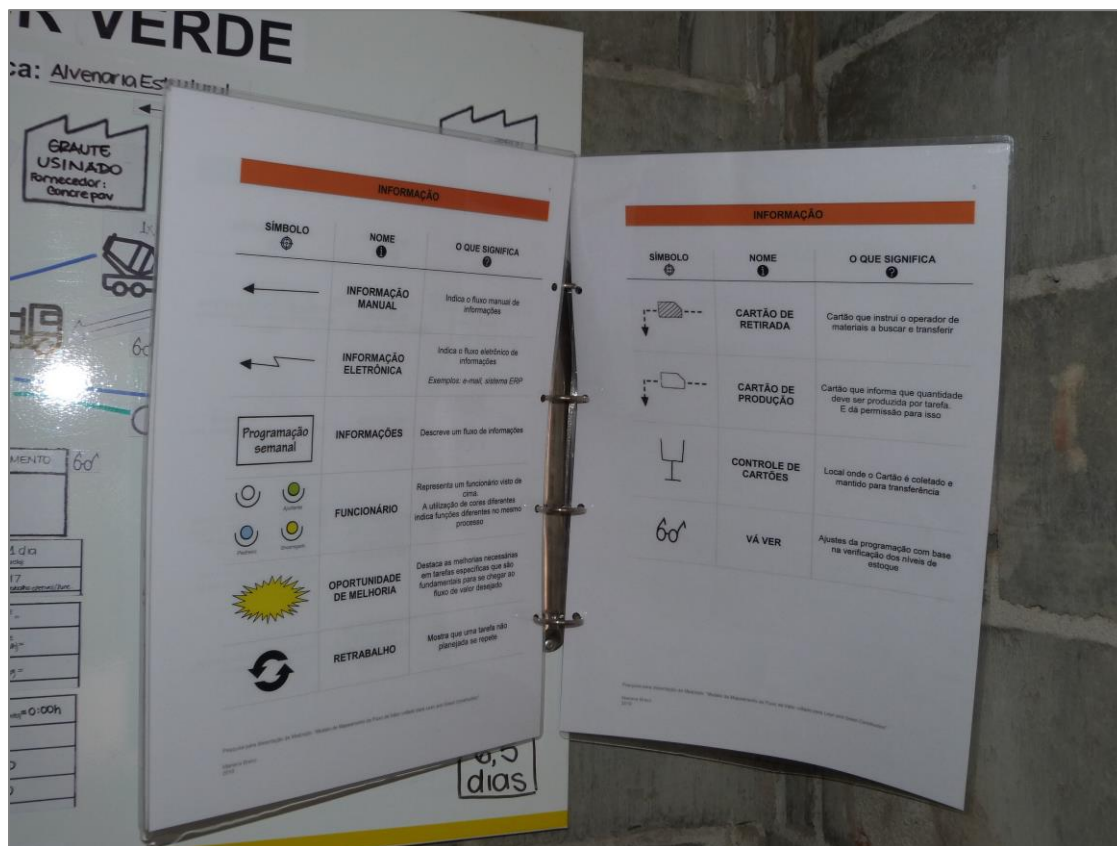


FIGURA 28 - ÍCONES PARA O FLUXO DE VALOR VERDE

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA



FIGURA 29 - DISPOSIÇÃO DOS FORMULÁRIOS E PROCEDIMENTOS

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Este Capítulo apresenta os resultados obtidos após a aplicação do modelo, de acordo com protocolo da pesquisa (disposto no Quadro 10, página 54) e a coleta de dados delineados no capítulo anterior deste trabalho.

### **5.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS**

#### **5.1.1. ESTADO ATUAL**

##### **5.1.1.1. COLETA DOS DADOS**

Após o contato com a construtora e a apresentação do Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável, denominado como Fluxo de Valor Verde, para as profissionais do sistema de gestão integrada e o gestor de planejamento, estes locados na Sede da empresa, o proprietário da construtora foi consultado para a permissão ou não da condução da pesquisa em uma obra.

O proprietário permitiu a aplicação em uma obra, no dia 07 (sete) de maio de 2019, desde que os dados da empresa, bem como as informações coletadas não fossem divulgadas.

A empresa construtora não havia recebido até então pesquisadores nos canteiros de obras, logo solicitaram os documentos de identificação da autora da dissertação e providenciaram um treinamento de integração às normas de segurança, meio ambiente e qualidade que devem ser atentadas durante a permanência na obra.

A obra denominada XYZ foi direcionada pelas profissionais do sistema de gestão integrada, por atender as condições solicitadas: edificação habitacional multifamiliar de interesse social mais próxima ao município de Santa Bárbara d'Oeste, no Estado de São Paulo, com estrutura em fase de execução. Particularmente, as profissionais relatam que a obra XYZ foi direcionada, porque

além de atender as condições de pesquisa tinha como engenheiro civil responsável, um profissional que se interessava por ferramentas de gestão focadas em processos produtivos e seria mais receptivo a aplicação do Fluxo de Valor Verde.

No dia 08/05/2019, foi agendada uma visita à obra XYZ para apresentação da pesquisa, incluindo o Protocolo para Coleta de Dados (Quadro 14 – página 54) ao engenheiro civil responsável e ao mestre de obras, e para conhecer a obra. Neste primeiro dia na obra foram verificados os dados do cronograma da obra, conforme disposto na Figura 32:

The image shows a complex Gantt chart for a construction project. The title is 'Gerenciamento do Tempo do Projeto G2.01 - Cronograma Executivo'. The chart is organized into columns representing months from November 2018 to May 2020. Each activity is represented by a horizontal bar indicating its duration. The activities listed include:
 

- 05.01.01 Serviço de Locação de Obra Topográfica
- 05.01.02 Execução de Canteiros
- 05.01.03 Fundação Profunda
- 05.02.01 Alvenaria Tipo Híbrida Contínua
- 05.03.01 Vigas Betão
- 05.03.02 Blocos de Fundação
- 05.04.01 Estrutura
- 05.04.02 Pilares Piloto
- 05.04.03 Vigas de Transição
- 05.04.04 Vigas Tipo 17 ar 120
- 05.04.05 Vigas Casa de Máquinas
- 05.04.06 Laje de Transição
- 05.04.07 Laje Fundamentada Tipo 20 ar 120
- 05.04.08 Laje Casa de Máquinas
- 05.05.01 Escalares
- 05.05.02 Alvenaria e Fôrmas
- 05.05.03 Alvenaria Parede Tipo - 17 ar 120
- 05.05.04 Alvenaria Casa de Máquinas, Alco e Plantabanda
- 05.05.05 Alvenaria de Vedação com Bloco de Concreto
- 05.05.06 Execução de Shaft em Alvenaria - Apartamentos
- 05.06.01 Cobertura
- 05.06.02 Cobertura em Telha de Fibrocimento
- 05.06.03 Calha em Chapa Galvanizada
- 05.06.04 Pingadeira em Chapa Galvanizada
- 05.06.05 Balaço em Chapa Galvanizada
- 05.07.01 Impermeabilização de Baldanos
- 05.07.02 Impermeabilização de Laje de Cobertura
- 05.07.03 Impermeabilização em Rolo de Estuque
- 05.07.04 Impermeabilização Áreas Molhadas - Parede
- 05.07.05 Impermeabilização Áreas Molhadas - Piso
- 05.08.01 Instalação Elétrica Teófica e Interfona
- 05.08.02 Tubulação e Caixa Elétrica / Lógica em Alvenaria e Laje - Apartamento
- 05.08.03 Tubulação e Caixa Elétrica / Lógica em Alvenaria e Laje - Hall
- 05.08.04 Tubulação e Caixa Elétrica / Lógica em Alvenaria e Laje - Alco e Casa de Máquinas
- 05.08.05 Tubulação e Caixa Elétrica / Lógica em Prumadas
- 05.08.06 Ração Interna - Apartamento
- 05.08.07 Ração Interna - Alco e Casa de Máquinas
- 05.08.08 Prumadas Alimentação
- 05.08.09 Banheiro de Desumidificadores e Acabamentos - Apartamentos
- 05.08.10 Banheiro de Desumidificadores e Acabamentos - Hall e Escada
- 05.08.11 Banheiro de Desumidificadores e Acabamentos - Alco e Casa de Máquinas
- 05.08.12 Luminárias - Apoio, Hall, Alco e Escada
- 05.08.13 Instalação de Lógica e Telefonia
- 05.08.14 Instalação SPDA - Prumadas
- 05.08.15 Instalação SPDA - Superior
- 05.08.16 Instalação SPDA - Inferior
- 05.08.17 Instalação de Ar Condicionado
- 05.08.18 Instalação de Lógica e Telefonia - Infra
- 05.09.01 Instalações Hidráulicas - Laje e Molhados
- 05.09.02 Instalação de Água Fria - Apartamentos
- 05.09.03 Instalação de Água Fria - Alco e Casa de Máquinas
- 05.09.04 Execução de Escalante e Caixa D'Água
- 05.09.05 Instalação de hidrômetros prumadas
- 05.09.06 Instalações Hidráulicas - Laje e Molhados
- 05.09.07 Instalação de Sistema de Tratamento - Prumadas e Casas
- 05.09.08 Instalação de Sistema de Tratamento - Prumadas e Casas
- 05.09.09 Instalação de Sistema de Tratamento - Prumadas, Molhadas e Sanitização
- 05.09.10 Instalação de Gás - Apartamentos e Prumadas

FIGURA 30 - CRONOGRAMA DA OBRA XYZ  
 FONTE: EMPRESA CONSTRUTORA, OBRA XYZ

- Caminho crítico da obra, no momento: alvenaria estrutural dos Blocos A, B, C e D.
- Atividades críticas, no momento: Estruturas em concreto armado (lajes), instalações prediais (elétricas e hidráulicas), alvenaria estrutural. A atividade crítica monitorada para composição do estado atual e futuro foi a alvenaria estrutural do segundo pavimento do Bloco B.
- Histograma de mão de obra e equipamentos, no momento: este documento não estava disponível. Porém, as informações eram de ciência do engenheiro responsável, conforme apresentado nos Quadros 16 e 17:

QUADRO 16 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

<b>Equipamentos envolvidos na execução das atividades (descrição)</b>	<b>Próprio ou Locado</b>	<b>Quantidade</b>
Guindaste para movimentação de materiais	Locado	01
Silos para argamassa de assentamento e graute (Capacidade de armazenamento: 17 toneladas)	Locado	02 para cada material, total de 04
Bomba estacionária para grauteamento	Locado	01
Caminhão betoneira	Locado	01
Esmerilhadeira para corte de blocos (2200W)	Locado	01

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

QUADRO 17 - PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS NA EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

<b>Profissionais envolvidos na execução das atividades</b>	<b>Próprio ou Terceirizado</b>	<b>Quantidade</b>
<i>Mão de Obra Indireta</i>		
Mestre de Obras	Próprio	01
Estagiário de Engenharia Civil	Próprio	02
Engenheiro Civil Responsável	Próprio	01
Técnico de Segurança do Trabalho	Próprio	01
Almoxarife	Próprio	01
Administrativo	Próprio	01
Encarregado	Terceirizado	01
<i>Mão de Obra Indireta</i>		
Pedreiro	Terceirizado	04
Ajudante	Terceirizado	08

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

- Entrega dos materiais, no momento: os blocos de concreto tinham entregas programadas para quatro vezes por semana para as todos os quatro Blocos (torres) da obra. A argamassa para assentamento era entregue uma vez por semana, abastecendo os dois silos de argamassa. O graute era entregue uma vez por semana, abastecendo os dois silos de graute. Quando os silos não dispunham de graute, ele era entregue no dia do grauteamento por caminhão betoneira.

Ainda no dia 08/05/2019, os projetos executivos de alvenaria estrutural foram estudados para verificar se havia particularidades na execução (requisitos próprios do projeto desta obra) e os requisitos de controle da qualidade de execução da alvenaria. Foi constatado que o projeto foi elaborado por um engenheiro civil calculista, de acordo com as normas brasileiras vigentes (NBR) emitidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que



estabelecem diretrizes de aceitação, tais como: prumo, esquadro, assentamento dos blocos e especificações dos materiais.

Os consumos de água e energia elétrica foram verificados no mesmo dia. Estes indicadores possuíam monitoramento mensal, conforme disposto na Tabela 3:

TABELA 3 - CONSUMO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA

<b>Informações necessárias</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>
Consumo de energia elétrica (kWh)	802	941	760	982
Consumo de energia elétrica (kWh) - Acumulado	1504	2445	3205	4187
Consumo de energia elétrica (kWh) Indicador - <b>3,9 kWh/m<sup>2</sup> de Obra</b>	2510,75	2592,11	2674,67	2775,44
Consumo de Água (m <sup>3</sup> )	26	54	65	58
Consumo de Água (m <sup>3</sup> ) - Acumulado	44	98	163	221
Consumo de Água (m <sup>3</sup> ) Indicador - <b>0,35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de Obra</b>	227,37	236,96	246,11	255,64

FONTE: EMPRESA CONSTRUTORA, OBRA XYZ

A geração de resíduos possuía monitoramento mensal, conforme disposto na Tabela 4:

TABELA 4 - GERAÇÃO MENSAL DE RESÍDUOS

<b>Informações necessárias</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>
Volume em toneladas de entulho descartados	0,00	0,00	0,00	0,00
Volume em toneladas de material reciclável produzido	0,00	0,00	0,00	0,00
Volume em toneladas de madeira descartadas	0,00	0,00	5,20	0,00
Volume em toneladas de gesso descartados	0,00	0,00	0,00	0,00
Volume total em toneladas de resíduos descartados - Acumulado	0,00	0,00	5,20	5,20
Volume em toneladas de resíduos descartados Indicador - <b>0,1 t/m<sup>2</sup> de Obra</b>	78,24	78,24	78,24	90,31

FONTE: EMPRESA CONSTRUTORA, OBRA XYZ

Quanto aos índices de produção e/ou produtividade, a Empresa Construtora não dispunha de específicos, o monitoramento era realizado pelo cronograma disponível em um software integrado de gestão que reúne as informações dos setores e obras da empresa construtora, um ERP (*Enterprise Resource Planning*). Este cronograma ficava disponível em meio físico no canteiro de obras, conforme mostrado anteriormente na Figura 32.

Com a ciência dos dados levantados, no dia 24/06/2019 iniciou-se o acompanhamento das atividades de alvenaria estrutural do segundo pavimento do Bloco D. Este acompanhamento deu-se através de anotações quanto ao uso das horas pelos profissionais envolvidos, os consumos de água e energia elétrica, os resíduos gerados por classe (conforme especificação do CONAMA, ver página 22 deste trabalho), a movimentação dos equipamentos, aos dias e tarefas que se seguiram, conforme Quadro 18 abaixo:

QUADRO 18 - RESUMO DAS TAREFAS

Tarefas que compõem a atividade	Data de início	Data de término
1. Marcação da primeira fiada	24/06/2019	25/06/2019
2. Assentamento até a sexta fiada	25/06/2019	25/06/2019
3. Grauteamento	26/06/2019	27/06/2019
4. Respaldo	28/06/2019	02/07/2019

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

#### **5.1.1.2. ELABORAÇÃO DO ESTADO ATUAL**

Para elaboração do estado atual, os dados foram coletados através do Formulário de Observação do Fluxo de Valor Verde no Estado Atual, para cada tarefa executada da atividade crítica alvenaria estrutural: marcação da primeira

fiada, assentamento até a sexta fiada, grauteamento e respaldo. As Figuras 33 e 34, representam a forma de coleta de dados de todas as tarefas citadas.

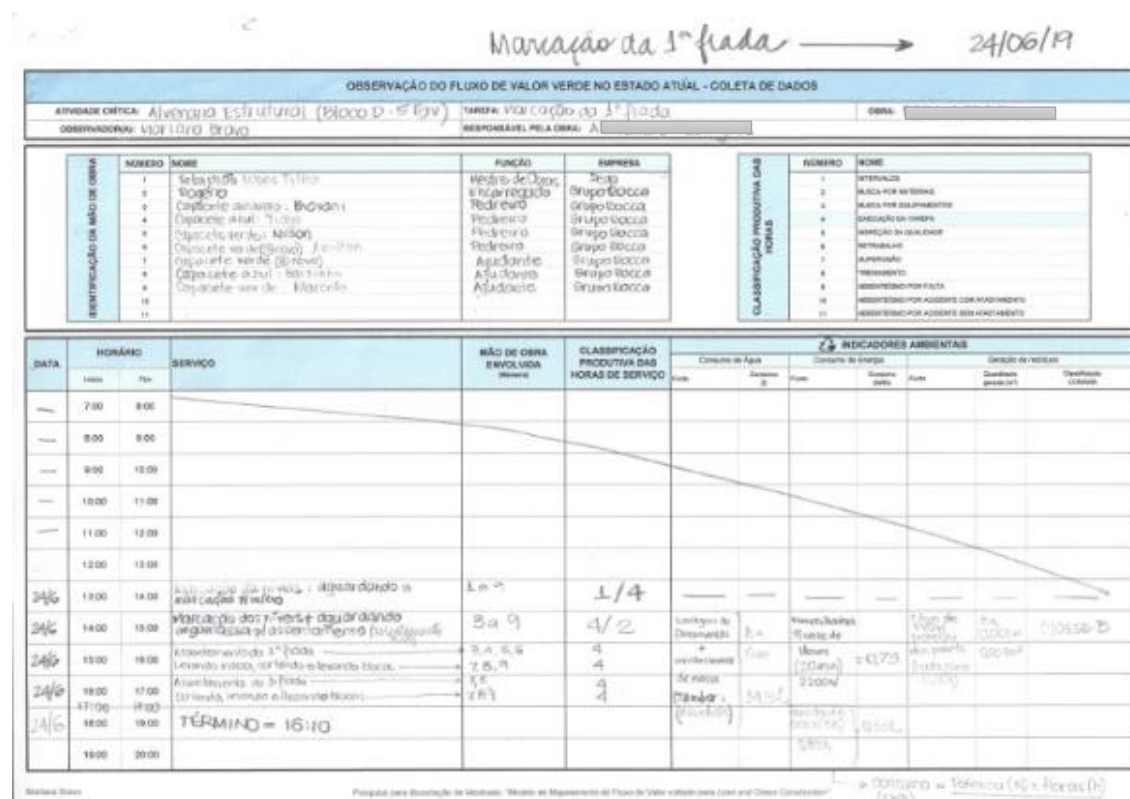


FIGURA 31 - OBSERVAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE - TAREFA: MARCAÇÃO DA PRIMEIRA FIADA

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

OBSERVAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE NO ESTADO ATUAL - COLETA DE DADOS			
ATIVIDADE CRÍTICA:	Atividade Estrutural	TAREFA: Marcação da 1ª Fiada	OBRA:
OBSERVADOR(A):	Vanessa Prado	RESPONSÁVEL PELA OBRA:	
INDICADORES ECONÔMICOS (Produtividade)	Quantidade dos funcionários envolvidos na tarefa	9	
	Total de horas não trabalhadas (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO NÃO PRODUTIVAS: 1, 1.1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)	$2 \times 31 = 2$	
	Total de horas trabalhadas (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 4)	$4 \times 31 = 7$ 24	
	TEMPO EFETIVO $T_e$ (TOTAL DE HORAS TRABALHADAS/QUANTIDADE DE FUNCIONÁRIOS)	3h	
	TC TEMPO DE CICLO (HORAS ÚTEIS) - (HORAS INÚTEIS)	$18:00 - 15:00$ 3:00	
INDICADORES SOCIAIS	TREINAMENTO $T_t$ (PREVISTO 20% a ser absorvido das horas de trabalho previstas para a execução da atividade)	0	
	ABSENTISMO POR FALTAS $A_f$ (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 8)	0	
	ABSENTISMO POR ACCIDENTE COM AFASTAMENTO $A_{ca}$ (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 10)	0	
	ABSENTISMO POR ACCIDENTE SEM AFASTAMENTO $A_{sa}$ (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 11)	0	

Consumo de blocos  $\rightarrow$  (BMP) =

Consumo de massa  $\rightarrow$

Transportes e quindins =  
1) Equipamentos = 10min +  
2) Blocos = 3 pellets (20 minutos) +  
3) massa = 10 minutos +  
(107 x 15 x 30)  
A(1)

FIGURA 32 - OBSERVAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE NO ESTADO ATUAL - TAREFA: MARCAÇÃO DE PRIMEIRA FIADA

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Inicialmente, utilizando o formulário citado, foi realizada a identificação da mão de obra que estaria envolvida na execução da tarefa, de forma direta e indireta, conforme apresentando no campo disposto na Figura 35.

IDENTIFICAÇÃO DA MÃO DE OBRA	NÚMERO	NOME	FUNÇÃO	EMPRESA
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
11				

FIGURA 33 - IDENTIFICAÇÃO DA MÃO DE OBRA

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

A cada uma hora eram apontadas as horas trabalhadas e que foram previamente classificadas, conforme apresentando no campo disposto na Figura 36 e apontadas no campo do formulário apresentado na Figura 37, para que se

pudesse calcular os indicadores de tempo de ciclo e tempo efetivo, conforme apresentando no campo disposto na Figura 38. Utilizou-se como procedimento a visualização das tarefas a cada hora, para que fosse possível observar todo o fluxo de valor da tarefa e compor simultaneamente os indicadores.

CLASSIFICAÇÃO PRODUTIVA DAS HORAS	NÚMERO	NOME
	1	INTERVALOS
	2	BUSCA POR MATERIAIS
	3	BUSCA POR EQUIPAMENTOS
	4	EXECUÇÃO DA TAREFA
	5	INSPEÇÃO DA QUALIDADE
	6	RETRABALHO
	7	SUPERVISÃO
	8	TREINAMENTO
	9	ABSENTEÍSMO POR FALTA
	10	ABSENTEÍSMO POR ACIDENTE COM AFASTAMENTO
11	ABSENTEÍSMO POR ACIDENTE SEM AFASTAMENTO	

FIGURA 34 - CLASSIFICAÇÃO PRODUTIVA DAS HORAS

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

DATA	HORÁRIO		SERVIÇO	MÃO DE OBRA ENVOLVIDA (Número)	CLASSIFICAÇÃO PRODUTIVA DAS HORAS DE SERVIÇO
	Início	Fim			
	7:00	8:00			
	8:00	9:00			
	9:00	10:00			
	10:00	11:00			
	11:00	12:00			
	12:00	13:00			
	13:00	14:00			
	14:00	15:00			
	15:00	16:00			
	16:00	17:00			
	18:00	19:00			
	19:00	20:00			

FIGURA 35 - CAMPO PARA APONTAMENTO DAS HORAS

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

<b>INDICADORES ECONÔMICOS</b> (Produtividade)	<b>Quantidade dos funcionários envolvidos na tarefa</b>		
	<b>Total de horas não trabalhadas</b> (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO NÃO PRODUTIVAS: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)		
	<b>Total de horas trabalhadas</b> (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 4)		
	<b>TEMPO EFETIVO</b> <b>Te</b> (TOTAL DE HORAS TRABALHADAS/ QUANTIDADE DE FUNCIONÁRIOS)		
	<b>TC TEMPO DE CICLO</b> (HORÁRIO FINAL) – (HORÁRIO INICIAL)		

FIGURA 36 - INDICADORES ECONÔMICOS (PRODUTIVIDADE)

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Com o mesmo formulário, foram verificados os indicadores ambientais por tarefa, conforme apresentando no campo disposto na Figura 39. Considerando o consumo de água em litros por fonte de uso/ aplicação, o consumo de energia em kWh por fonte de uso/ aplicação e a geração de resíduos em metros cúbicos por fonte de geração classificados conforme a Resolução 307/2002 do CONAMA.


 <b>INDICADORES AMBIENTAIS</b>						
Consumo de Água		Consumo de Energia		Geração de resíduos		
Fonte	Consumo (l)	Fonte	Consumo (kWh)	Fonte	Quantidade gerada (m³)	Classificação CONAMA

FIGURA 37 - INDICADORES AMBIENTAIS

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Com a classificação das horas obteve-se também os indicadores sociais, considerando as horas de treinamento direcionados as tarefas da atividade em execução, condições de absenteísmo por falta, acidentes com afastamento e acidentes sem afastamento, conforme apresentando no campo disposto na Figura 40.


 <b>INDICADORES SOCIAIS</b>	<b>IT</b>	<b>TREINAMENTO</b> (PREVISTO: 30% x somatória das horas de trabalho previstas para a execução da atividade)	
	<b>Af</b>	<b>ABSENTEÍSMO POR FALTAS</b> (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 9)	
	<b>Aca</b>	<b>ABSENTEÍSMO POR ACIDENTE COM AFASTAMENTO</b> (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 10)	
	<b>Asa</b>	<b>ABSENTEÍSMO POR ACIDENTE SEM AFASTAMENTO</b> (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 11)	

FIGURA 38 - INDICADORES SOCIAIS

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Após a consolidação dos dados, o Fluxo de Valor Verde foi desenhado através do uso dos ícones imantados, conforme apresentando na Figuras 4.

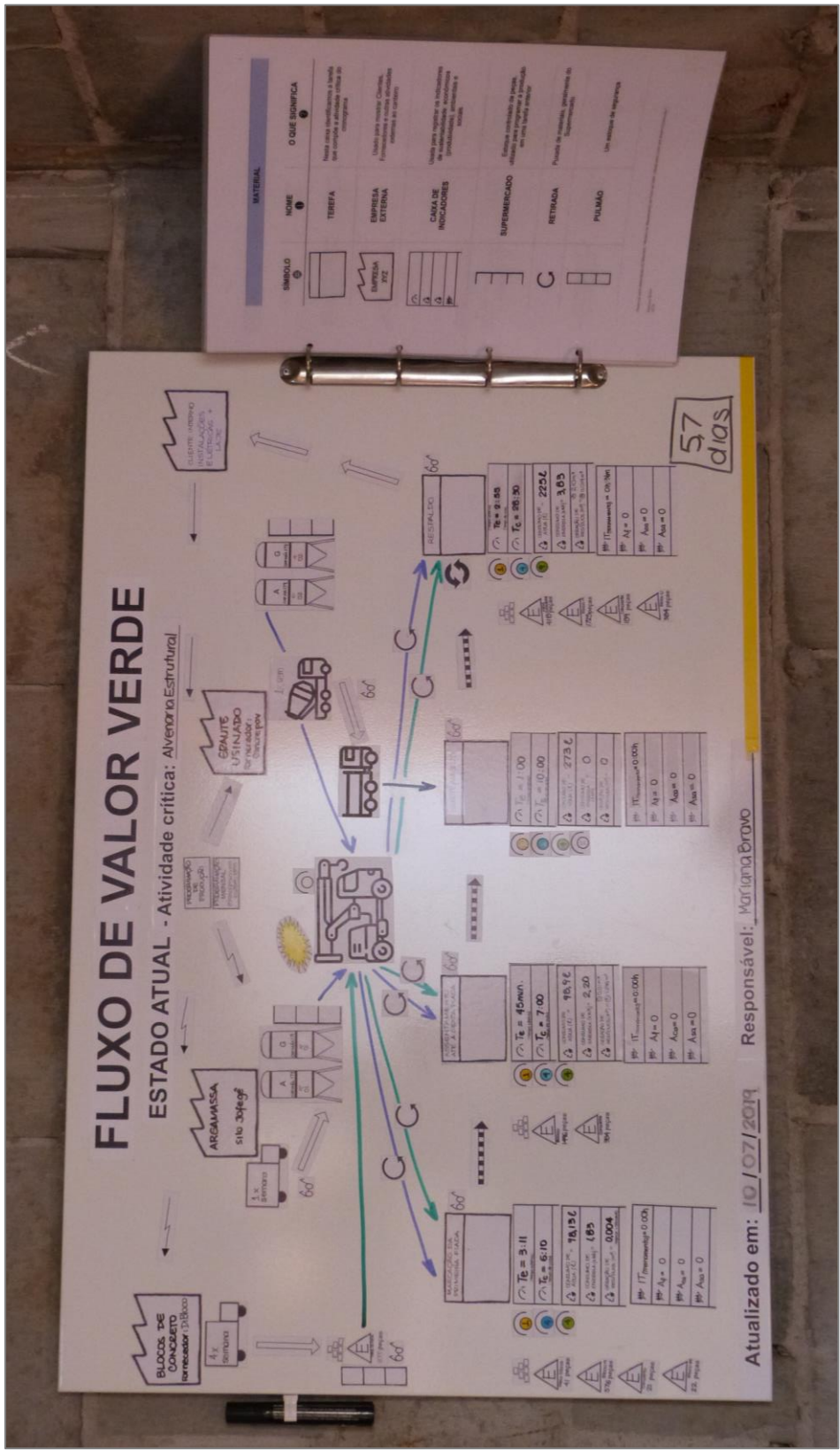


FIGURA 41 - FLUXO DE VALOR VERDE - ESTADO ATUAL

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA



### 5.1.2. ESTADO FUTURO

A elaboração do estado futuro deu-se com as informações do engenheiro responsável pela obra quanto ao planejamento a curto prazo, visto que o cronograma não possuía o detalhamento em nível de tarefa. Todavia, as metas mensais para acompanhamento do cronograma eram disponibilizadas pelo mesmo no canteiro de obras, conforme apresentado na Figura 42.

	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
ALVENARIA Estrut.	8 pav.	8 pav.	8 pav.	8 pav.	5 pav.		
Laje	8 pav.	8 pav.	8 pav.	8 pav.	6 pav.		
Alvenaria Vedação	32 unid.	32 unid.	32 unid.	32 unid.	32 unid.	32 unid.	
GÁS	32 unid.	32 unid.	32 unid.	32 unid.	32 unid.	32 unid.	
Água Fria	32 unid.	32 unid.	32 unid.	32 unid.	32 unid.	32 unid.	
Escoto	32 unid.	32 unid.	32 unid.	32 unid.	32 unid.	32 unid.	

FIGURA 2 - QUADRO PARA ACOMPANHAMENTO DAS METAS MENSAIS

FONTE: EMPRESA CONSTRUTORA, OBRA XYZ

Para tanto, o engenheiro civil responsável pela obra estabeleceu parâmetros para atingir as metas mensais, conforme dispostos no Quadro 19:

QUADRO 19 - PREVISÃO DOS TEMPOS PARA EXECUÇÃO DAS TAREFAS - ESTADO FUTURO

Tarefas que compõem a atividade	Tempo de ciclo (Dias)	Tempo efetivo (Horas)
5. Marcação da primeira fiada	½ dia	2:39
6. Assentamento até a sexta fiada	1 dia	6:30
7. Grauteamento	½ dia	3:32
8. Respaldo	2 dias	12:41

FONTE: ELABORADA PELA AUTORA

A Empresa Construtora não dispunha de indicadores econômicos/ produtivos vinculados a cada tarefa, apenas para cada atividade, conforme cronograma já citado neste trabalho. Logo, o entendimento quanto aos indicadores se tornou conhecido durante a aplicação do Fluxo de Valor Verde.

Os estoques de materiais não eram exatos, tinha-se uma ideia de quantos materiais eram necessários, porém as quantidades também foram levantadas durante o estado futuro através do levantamento em projetos executivos, conforme apresentado na Figura 44. Desta forma, durante a execução das tarefas sob o mapeamento do estado atual, estariam disponíveis apenas os materiais necessários para a execução de cada tarefa.

TAREFAS	LEVANTAMENTO DE MATERIAIS								
	Bloco de concreto 12MPa (14x19x19cm)	Canaleta 12MPa (14x19x14cm)	Bloco de concreto 12MPa (14x19x44cm)	Meio bloco de concreto 12MPa (14x19x14cm)	Bloco de concreto em U 12MPa (14x19x10cm)	Argamassa industrializada 6,00MPa em silo para assentamento (m³) - SILO 01	Argamassa industrializada 6,00MPa em silo para assentamento (m³) - SILO 02	Graute do Sítio (m³)	Graute usinado (m³)
<a href="#">1. MARCAÇÃO DA PRIMEIRA FIADA</a>	576	21	22	41	0	1,00	0,00	0,00	0,00
<a href="#">2. ASSENTAMENTO ATÉ A 6ª FIADA</a>	1152	0	0	192	0	2,00	0,00	0,00	0,00
<a href="#">3. GRAUTEAMENTO DAS VIGAS DA 6ª FIADA</a>	0	384	0	0	0	0,00	0,00	3,50	0,00
<a href="#">4. RESPALDO (FIADAS A PARTIR DA 6ª)</a>	1725	189	0	418	384	0,00	2,50	1,00	0,00

FIGURA 39 - LEVANTAMENTO DE MATERIAIS PARA ESTADO FUTURO

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

Quanto aos indicadores ambientais, não foi possível a determinação de uma meta para o estado futuro, pois as medições de consumo de água e consumo de energia eram mensais e consideravam todas as atividades em execução na

obra, assim como o consumo do canteiro. Da mesma forma era feito com o controle da geração de resíduos, apenas mensal e por classificação conforme a Resolução 307/2002 do CONAMA.

No que se refere aos indicadores sociais, a Empresa Construtora não os dispunha como proposto no Fluxo de Valor Verde, mas tinham metas voltadas aos acidentes do trabalho considerando zero acidentes com ou sem afastamento. No quesito treinamento, a empresa também não dispunha de métrica, apenas eram realizados quando necessários: ora no ingresso a atividade, ora em uma reciclagem para o caso de não conformidades em recorrência. As faltas eram controladas através dos cartões de identificação de cada funcionário, sendo próprio ou terceiro, todavia como as atividades em sua maior parte eram executados por funcionários terceirizados que eram remunerados por tarefa executada, a empresa não via a necessidade de ter tal indicador/ controle. Pode-se visualizar o Estado Futuro, conforme disposto na Figura 45:

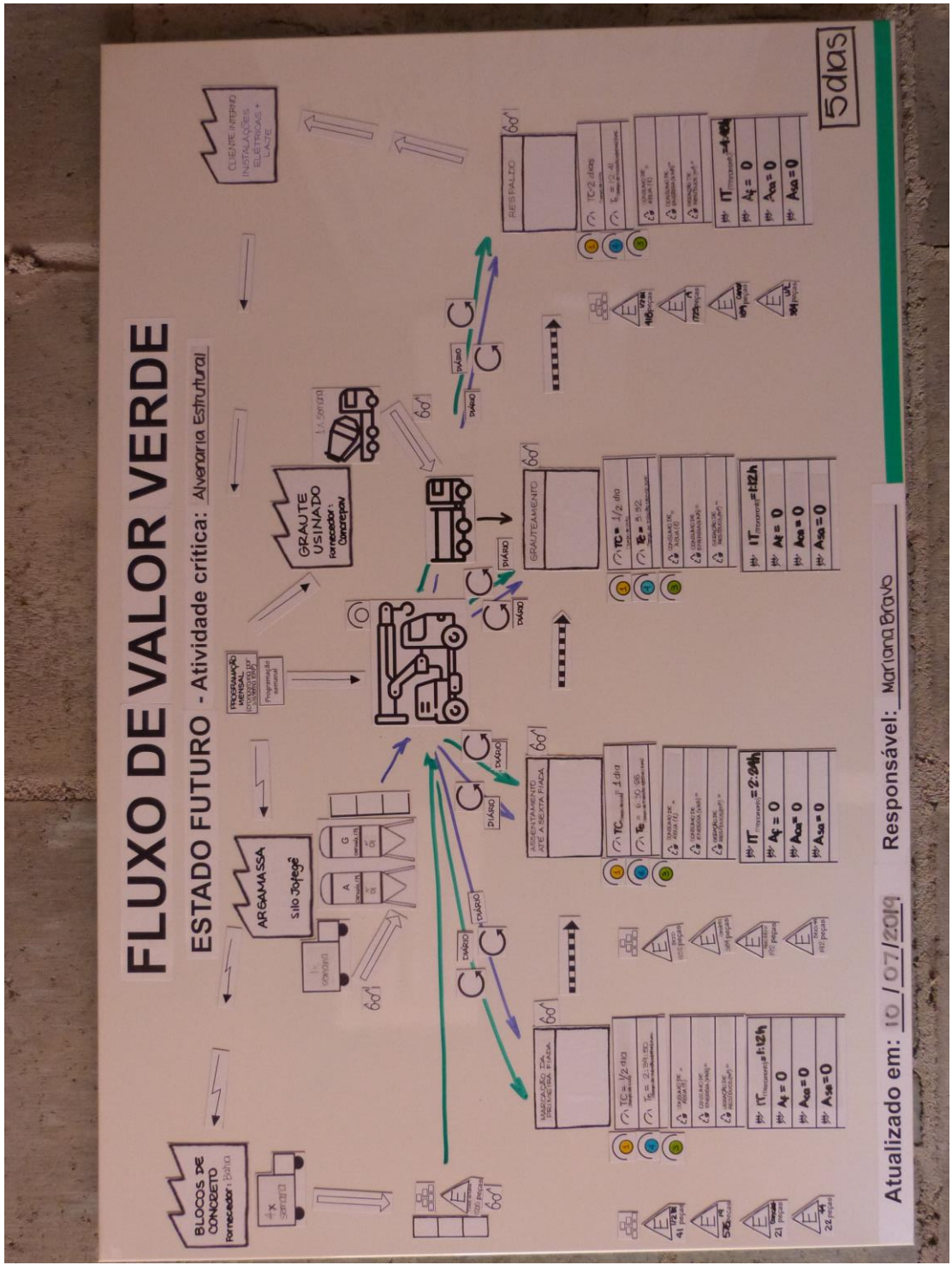


FIGURA 40 - FLUXO DE VALOR VERDE - ESTADO ATUAL  
 FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

### 5.1.3. ESTADO ATUAL X ESTADO FUTURO

Os indicadores foram obtidos por meio do apontamento das tarefas realizadas entre os dias 24/06/2019 e 02/07/2019, conforme disposto no Quadro 18 (ver página 83). Estes apontamentos foram feitos com a utilização dos formulários desenvolvidos pela autora (ver Figuras 15 e 16 na página 59).

Comparando os indicadores sustentáveis obtidos no Estado Atual e Estado Futuro, obteve-se os seguintes resultados:

- Indicadores de produtividade (econômicos): o estado futuro do TC (tempo de ciclo) foi previsto conforme o cronograma disponível para a execução da obra, o estado atual foi apontado pela pesquisadora durante a aplicação do estudo de caso. O estado futuro do Te (tempo de trabalho efetivo) foi previsto conforme o cronograma disponível para a execução da obra, o estado atual foi apontado pela pesquisadora durante a aplicação do estudo de caso. O estado futuro da Taxa de Refugo não foi contabilizado, pois a obra não tinha um histórico de quanto cada tarefa originava itens refugados, quanto ao estado atual, não foram observados refugos nas tarefas executadas. Os resultados foram dispostos de forma comparativa no Quadro 20.

QUADRO 20 - RESULTADOS DOS INDICADORES ECONÔMICOS - ESTADO ATUAL X ESTADO FUTURO

ATIVIDADE CRÍTICA: ALVENARIA ESTRUTURAL	PRODUTIVIDADE (ECONÔMICOS)					
TAREFAS Descrição	TC (Tempo de Ciclo) = (Data ou horário final) – (Data ou horário inicial)		Tempo de trabalho efetivo (Te) (Total de horas contratadas) – (intervalos + treinamentos + busca por materiais + busca por equipamentos)		Taxa de refugo % = (Quantidade de total de itens produzidos) / (Quantidade de itens refugados)	
	FUTURO	ATUAL	FUTURO	ATUAL	FUTURO	ATUAL
<u>1. MARCAÇÃO DA PRIMEIRA FIADA</u>	0,50	1,00	2:39:00	51:20:00	0,00%	0,00%
<u>2. ASSENTAMENTO ATÉ A 6ª FIADA</u>	1,00	1,00	6:30:00	74:26:00	0,00%	0,00%
<u>3. GRAUTEAMENTO DAS VIGAS DA 6ª FIADA</u>	1,00	1,70	3:32:00	69:07:00	0,00%	0,00%
<u>4. RESPALDO (FIADAS A PARTIR DA 6ª)</u>	2,00	2,00	12:41:00	428:50:00	0,00%	0,00%

FONTES: ELABORADO PELA AUTORA

- **Indicadores ambientais:** o estado futuro dos indicadores de consumo de água, consumo de energia elétrica, geração de resíduos por atividade não foi determinado pois a empresa XYZ não fazia o monitoramento dos consumos, assim como não os previa. O estado atual dos indicadores foi apontado pela pesquisadora por meio de medições na frente de trabalho, onde estavam executando a tarefa. O consumo de água (l) foi verificado por meio da medição volume dos recipientes utilizados para o armazenamento de água (tambores e latas). O consumo de energia elétrica (kWh) foi verificado por meio do apontamento do uso dos equipamentos empregados (esmerilhadeiras) nas tarefas em execução, através da verificação da potência do equipamento e pela quantidade de horas utilizada. Os resultados foram dispostos de forma comparativa no Quadro 21.

QUADRO 21 - RESULTADO DOS INDICADORES AMBIENTAIS - ESTADO ATUAL X ESTADO FUTURO

ATIVIDADE CRÍTICA: ALVENARIA ESTRUTURAL	AMBIENTAIS					
TAREFAS Descrição	Consumo de água (l) <small>consumo de água potável no canteiro de obras por m<sup>2</sup> de área construída – medido de modo acumulado ao final da obra, em m<sup>3</sup> de água / m<sup>2</sup> de área construída</small>		Consumo de energia (kWh) <small>consumo de energia no canteiro de obras por m<sup>2</sup> de área construída – medido de modo acumulado ao final da obra, em kWh de energia elétrica / m<sup>2</sup> de área construída</small>		Geração de resíduos por atividade (m <sup>3</sup> ) <small>(Índice de geração de resíduos por tempo de atividade ou trabalho (Id) em quilos x Período de duração da atividade (Pc)</small>	
	FUTURO	ATUAL	FUTURO	ATUAL	FUTURO	ATUAL
	<u>1. MARCAÇÃO DA PRIMEIRA FIADA</u>	0,00	98,13	0,00	1,83	0,00
<u>2. ASSENTAMENTO ATÉ A 6ª FIADA</u>	0,00	98,90	0,00	2,20	0,00	CLASSE B 0,01 plástico CLASSE A 1,296
<u>3. GRAUTEAMENTO DAS VIGAS DA 6ª FIADA</u>	0,00	273,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<u>4. RESPALDO (FIADAS A PARTIR DA 6ª)</u>	0,00	225,00	0,00	3,83	0,00	CLASSE B 0,019 plástico CLASSE A 2,10

FONTES: ELABORADO PELA AUTORA

- **Indicadores sociais:** o estado futuro do indicador de treinamento (IT) foi previsto de acordo com as horas previstas de trabalho (ver Quadro 15 na

página 83), para o estado atual não foram contabilizadas hora de treinamento pois não houve treinamentos específicos para a execução das tarefas. O estado futuro do indicador de absenteísmo por faltas por tarefa não foi determinado pois a empresa XYZ não fazia o monitoramento do absenteísmo por falta e não os previa, pois alegavam que o maior contingente dos funcionários era subcontratado e era remunerado por tarefa concluída. Para o estado atual deste indicador, foram monitorados os funcionários que estavam participando das tarefas. Quanto aos indicadores de absenteísmo por acidente com afastamento e acidente sem afastamento, o estado futuro deu-se pela meta da empresa XYZ de ter zero acidentes, e o estado atual não teve resultados, pois não ocorreram acidentes com e sem afastamento durante o período de observação das tarefas. Os resultados foram dispostos de forma comparativa no Quadro 21.

QUADRO 22 - RESULTADO DOS INDICADORES SOCIAIS - ESTADO ATUAL X ESTADO FUTURO

ATIVIDADE CRÍTICA: ALVENARIA ESTRUTURAL	SOCIAIS							
TAREFAS Descrição	Treinamento (IT) 30% x somatória das horas de trabalho previstas para a execução da atividade		Absenteísmo por faltas somatória de horas não trabalhadas por faltas		Absenteísmo por acidente com afastamento		Absenteísmo por acidente sem afastamento	
	FUTURO	ATUAL	FUTURO	ATUAL	FUTURO	ATUAL	FUTURO	ATUAL
<u>1. MARCAÇÃO DA PRIMEIRA FIADA</u>	1:12:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
<u>2. ASSENTAMENTO ATÉ A 6ª FIADA</u>	2:24:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
<u>3. GRAUTEAMENTO DAS VIGAS DA 6ª FIADA</u>	1:12:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
<u>4. RESPALDO (FIADAS A PARTIR DA 6ª)</u>	4:48:00	0:31:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

## 5.2. MODELO DE MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR CONSOLIDADO

A implantação do Modelo de Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável possibilitou para este estudo de caso apresentar uma ferramenta voltada para o *Lean and Green Construction*. Porém melhorias foram constatadas e disponibilizadas no Quadro 22:

QUADRO 23 - OPORTUNIDADES DE MELHORIAS EVIDENCIADAS APÓS A APLICAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE

Dimensão da sustentabilidade	Indicador	Oportunidade de melhoria
ECONOMICO	Tempo de trabalho efetivo (Te)	Poderia ser considerado junto a métrica deste indicador o custo de mão de obra, material e equipamento para cada tarefa. Para tanto se faz necessário o detalhamento dos custos pela empresa construtora.
	Tempo de trabalho efetivo (Te)	Um comparativo com o avanço físico financeiro da obra, possibilitaria a empresa construtora um acompanhamento do planejamento a curto prazo.
AMBIENTAL	Consumo de água (l)	O consumo de água ser previsto por tarefa a partir da obra citada, criando assim um histórico de consumo. Para tanto seria necessário que o consumo de água para cada tarefa executada fosse levantado e controlado.
	Consumo de energia (kWh)	O consumo de energia elétrica poderia ser verificado através do monitoramento dos equipamentos e estes por sua vez, terem um plano de manutenção.
	Geração de resíduos por atividade (m <sup>3</sup> )	Alguns resíduos da construção civil, como restos de concreto e blocos podeme ser reaproveitados como acessos e melhorias no canteiro, desde que corretamente separados. No caso da obra XYZ, os blocos de concreto poderiam ser cortados em um ambiente fora da frente de trabalho que viabilizasse tal separação.
SOCIAL	Treinamento	Um plano de treinamento por função e atividade em execução poderia viabilizar mais treinamentos aos funcionários.

FONTE: ELABORADO PELA AUTORA

## 5.3. DIAGNÓSTICO DOS USUÁRIOS

Através dos formulários de pesquisa de uso do Fluxo de Valor Verde, dispostos nas Figuras 17, 18, 19, 20, 21 e 22 deste trabalho, obteve-se um panorama sobre o uso da ferramenta em obras do segmento imobiliário.



O objetivo da pesquisa de uso neste contexto foi de obter de forma padronizada respostas sobre o uso e eficácia da ferramenta *Lean and Green Construction* proposta nas atividades críticas. Para que o resultado desta seja mais um meio para melhoria do Mapeamento de Fluxo de Valor proposto, sob o olhar de quem o utilizou. Assim pode-se ter um modelo aprimorado para o uso em outras atividades da mesma obra e de outros tipos de obras no setor da construção.

Em um primeiro momento logo após a apresentação do objeto da pesquisa, de acordo com a avaliação do engenheiro civil responsável pela obra, seria uma ferramenta complicada para utilizar e com indicadores, principalmente os ambientais e sociais que não impactariam de forma ativa no andamento da obra. Outro item destacado pelo profissional como negativo, inicialmente, foi a forma de apontamento das horas trabalhadas e demais informações para os indicadores, sem um formulário e procedimento teria de se destinar um profissional específico para tal função.

Durante a apresentação do Estado Atual e do Estado Futuro, junto a equipe de obra (Engenheiro Civil responsável pela obra, Mestre de Obras, Encarregado, Estagiário, Engenheiro de Planejamento da sede da Empresa XYZ) foram expostos os fluxos de valores: os indicadores de produtividade (econômicos) e os indicadores sustentáveis. Os profissionais relataram os gargalos produtivos: o uso do guindaste e o impacto sob a movimentação no canteiro; e a quantidade de resíduos gerada foi um ponto de atenção, pois até então os resíduos eram contabilizados por classe e disponibilizados em caçambas próprias, logo não tinham ciência da geração de resíduos por m<sup>3</sup> por tarefa executada.

A quantidade de material necessária e que deveria ser disponibilizada na frente de trabalho para a execução de cada tarefa era prevista conforme projeto e com um adicional quantitativo para possíveis danos. Ao aplicar do Estado Futuro utilizou-se uma quantidade sem possíveis perdas, e quando foi configurado o Estado Atual do Fluxo de Valor Verde pode-se notar que a quantidade de material necessária para uso era a mesma, logo não se fazia a necessidade de

pulmões na frente de trabalho, o que prejudicava a movimentação dos funcionários e gerava riscos de acidentes e incidentes.

Em particular, o Mestre de Obras e o Engenheiro Civil responsável pela obra foram receptivos a aplicar a ferramenta em outras atividades e tarefas desta mesma obra. A equipe da Sede da empresa XYZ relatou a satisfação em conhecer uma ferramenta voltada para a produção que poderia utilizar junto a equipe da obra.

Após a aplicação, foi realizada uma pesquisa de uso (conforme em modelo disposto nas Figuras 20, 21, 22 nas páginas 65, 66 e 67) um segundo momento, e o mesmo profissional constatou que poderia utilizar o Fluxo de Valor Verde em mais de uma atividade crítica da obra.

## 6. CONCLUSÃO

Neste capítulo final do trabalho, apresentam-se as conclusões posteriores a revisão de literatura, abordagem metodológica e resultados obtidos após a aplicação do modelo proposto, além de recomendações à trabalhos futuros.

O objetivo desta pesquisa é propor um modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor voltado para *Lean and Green Construction*, com indicadores que possam apresentar a quaisquer funcionários da obra envolvidos nos processos produtivos quais são e onde estão os desperdícios, a tempo de evitá-los nas tarefas futuras.

Foram verificadas durante a revisão de literatura modelos de Mapeamento de Fluxo de Valor Sustentáveis aplicados no setor da construção civil e no setor da manufatura com indicadores de produtividade (econômico), sociais e ambientais. Porém tais modelos não consideravam o atendimento a requisitos normativos direcionados a práticas de gestão sustentável as obras imobiliárias.

Logo, o Fluxo de Valor Verde, assim denominada a ferramenta, foi adaptado para atender as obras da construção civil considerando as seguintes situações:

- Gestão visual: os ícones para a ferramenta foram adaptados a língua português para que todos os funcionários pudessem visualizar de forma clara e rápida o fluxo de valor da atividade. Também foram incluídos ícones que facilitassem o entendimento do mapeamento, como por exemplo: caminhão betoneira, guindaste, blocos de concreto, identificação diferenciada por cargos dos funcionários (pedreiro, mestre de obras, encarregado, ajudante).
- Desenhando o fluxo de valor: o uso tradicional de lápis e papel poderia dificultar o uso do Fluxo de Valor a posteriori devido ao desenho e cálculos dos indicadores. Para tanto, foram utilizados quadros metálicos e os ícones imantados.

- Procedimento para mapeamento: para que o Fluxo de Valor Verde fosse utilizado posteriormente em quaisquer atividades e para quaisquer obras, foi elaborado um procedimento para elaboração do Fluxo de Valor Verde, assim como formulários para obtenção dos indicadores. Desta forma, não seria limitado o uso da ferramenta ao engenheiro responsável pela obra.

O Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável apresentou-se como uma ferramenta que pode mostrar com clareza o fluxo de informações, materiais e equipamentos com indicadores econômicos, ambientais e sociais simultaneamente. Disponibilizado de forma a facilitar a interpretação e com aplicabilidade funcional, pode ser utilizado como uma ferramenta para tomada de gestão da produção.

Os indicadores ambientais apresentaram-se como um desafio à parte: como medi-los por tarefa? O consumo de água, energia elétrica e a geração de resíduos era calculada mensalmente. Além disso, não se tinham dispositivos para medição de tais indicadores a cada pavimento que se concluía. Então foram medidos os tambores de água, a hora trabalhada dos equipamentos elétricos e levantados os volumes de resíduos por classe do CONAMA.

Esse desafio, pode-se ressaltar, mostrou-se na aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável, denominado como Fluxo de Valor Verde, como uma barreira para que a ferramenta se torne algo praticável nas obras. Assim como a forma de medir as horas trabalhadas: anotar enquanto houver algum funcionário trabalhando, alguém estará coletando dados para compor o estado atual.

Após apresentação do Fluxo de Valor Verde, nota-se certa desconfiança da aplicação por parte do engenheiro civil responsável pela obra e pelo engenheiro de planejamento da Sede da empresa. Mesmo assim, ele envolveu os demais funcionários que participavam da execução da alvenaria e conseguiram visualizar o gargalo que os impedia de alcançar o estado futuro: encarregado e mestre de obras.

### **6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Desde a revisão de literatura, algo que é refutado por outros autores e com a aplicação do modelo do Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável pode ser de fato validado: praticar o *Gemba* nas obras de construção civil em andamento para a implantação de ferramentas *Lean and Green*.

A partir daí, nota-se a diferença quando se aplica o *Gemba* na pesquisa em um setor sedento por ferramentas que alcancem a maioria de seus profissionais e tenha transparência nas informações.

Os indicadores sustentáveis devem ter suas respectivas dimensões condicionadas a legislação ambiental e trabalhistas vigentes, ao escopo da obra e ao planejamento estratégico da empresa, considerando todas as particularidades construtivas e os requisitos normativos para garantia da qualidade. Cabem neste cenário, mais pesquisas que possam fomentar, através da aplicação de indicadores sustentáveis às ferramentas *Lean Construction*, o *Lean and Green Construction*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASIAN-HOSSEINI, S. A., NIKAKHTAR, A., GHODDOUSI, P. Verification of lean construction benefits through simulation modeling: A case study of bricklaying process. **KSCCE Journal of Civil Engineering**, v. 18, n. 5, p. 1248–1260, 20 jun. 2014.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. 19/02/13 4 ed. Rio de Janeiro: [s.n.].

ABUZEINAB, A., ARIF, M., QADRI, M. A., KULONDA, D. Green business models in the construction sector: An analysis of outcomes and benefits. **Construction Innovation**, v. 18, n. 1, p. 20–42, 2017.

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M.; GOLDEMBERG, J. (COORDENADOR). **O desafio da sustentabilidade na construção civil: volume 5**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

AJAYI, S. O., OYEDELE, L. O., BILAL, M., AKINADE, O. O., ALAKA, H. A., OWOLABI, H. A. **Critical management practices influencing on-site waste minimization in construction projects** *Waste Management*, 2017.

ALMEIDA, E. L. G., PICCHI, F. A. Relação entre construção enxuta e sustentabilidade. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 91–109, 2018.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA; SRHQ - SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E QUALIDADE AMBIENTAL. **Contas econômicas ambientais da água no Brasil 2013–2015**. Disponível em: <<http://biblioteca.ana.gov.br/index.html>>. Acesso em: 1 nov. 2018.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/porta1/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>>. Acesso em: 25 out. 2018.

BAJJOU, M. S.; CHAFI, A.; EN-NADI, A. **The Potential Effectiveness of Lean Construction Tools in Promoting Safety on Construction Sites** *International*

**Journal of Engineering Research in Africa**, 2017. Disponível em: <<http://www.scientific.net/JERA.33.179>>

BRIOSO, X., HUMERO, A. Incorporating Lean Construction agent into the Building Standards Act: the Spanish case study. **Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal**, v. 8, n. 1, p. 1511–1517, 2016.

BROWN, A.; AMUNDSON, J.; BADURDEEN, F. **Sustainable value stream mapping (Sus-VSM) in different manufacturing system configurations: Application case studies** *Journal of Cleaner Production*, 2014.

BULHÕES, I. R., PICCHI, F. A. Diretrizes para implementação de fluxo contínuo em obras de edificações. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 205–233, 2011.

CBCS - CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, SECOVI-SP - SINDICATO DAS EMPRESAS DE COMPRA, VENDA, L. E A. DE I. **Condutas de Sustentabilidade no Setor Imobiliário Residencial**. Disponível em: <<http://www.secovi.com.br/sustentabilidade/caderno-de-sustentabilidade/>>. Acesso em: 8 nov. 2018.

CBCS; PNUMA; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Aspectos da Construção Civil Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas: Subsídios para a promoção da Construção Civil Sustentável**. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=DAE7FB57-D662-4F48-9CA6-1B3047C09318>>. Acesso em: 8 nov. 2018.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Banco de Dados - Contas Nacionais Trimestrais - Quarto Trimestre 2018**. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/home/>>. Acesso em: 8 mar. 2019.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA; CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Sondagem Especial - Indústria da Construção**. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-55-productividade-industria-da-construcao/>>. Acesso em: 9 nov. 2018.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA; CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Sondagem especial: uso da tecnologia na**

**indústria da construção.** Disponível em: <<https://cbic.org.br/sondagem/>>. Acesso em: 1 nov. 2018.

DIEESE - DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Boletim Trabalho e Construção: Prolongamento da crise econômica deteriora a situação do trabalhador na construção civil.** 9. ed. São Paulo: [s.n.].

DIEESE - DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Anuário do Sistema Público de Emprego, Trabalho e Renda 2016: Qualificação Profissional e Aprendizagem - livro 4.** 1. ed. São Paulo: [s.n.].

ELKINGTON, J. NoPartnerships from Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21th Century Business. **Environmental Quality Management**, v. 8, n. 1, p. 37–51, 1998.

ENERGY AGENCY (IEA); GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION (GLOBALABC). **2018 Global Status Report: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector.** Katowice: [s.n.].

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 8 nov. 2018.

EROL, H.; DIKMEN, I.; BIRGONUL, M. T. Measuring the impact of lean construction practices on project duration and variability: A simulation-based study on residential buildings. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 23, n. 2, p. 241–251, 2017.

FAULKNER, W., BADURDEEN, F. Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): Methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 8–18, 2014.

FIESP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; CIESP - CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; PNUMA - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Guia de Produção e Consumo Sustentáveis: tendências e oportunidades para o setor de negócios.** Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/guia-de-producao-e->



consumo-sustentaveis-tendencias-e-oportunidades-para-o-setor-de-negocios/>.

Acesso em: 5 nov. 2018.

FONTANINI, P. S. P. **Mentalidade enxuta no fluxo de suprimentos da construção civil – aplicação de macro-mapeamento na cadeia de fornecedores de esquadrias de alumínio.** [s.l.] Universidade Estadual de Campinas, 2004.

FRANCISCHINI, P.G.; FRANCISCHINI, A. S. N. . **Indicadores de desempenho: dos objetivos à ação - métodos para elaborar KPIs e obter resultados.** 1. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017.

FREITAS, L. A. R. U., MAGRINI, A. Waste management in industrial construction: Investigating contributions from industrial ecology. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 7, p. 6–8, 2017.

FRÖCH, G. Sustainability issues in the valuation process of project developments. **Energy and Buildings**, v. 100, p. 2–9, ago. 2015.

GCB. **Guia prático Certificação GBC Brasil Casa® - porque e como certificar o seu projeto**São Paulo Green Building Council Brasil, , 2019.

GODOY, R., GODOY, R., COIMBRA, P., MASSA, H., SOUZA, N., LEITE, A. **Excelência em gestão na construção.** Brasília-DF: [s.n.].

GOLZARPOOR, H., GONZÁLEZ, V., SHAHBAZPOUR, M., O’SULLIVAN, M. An input-output simulation model for assessing production and environmental waste in construction. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 1094–1104, fev. 2017.

GUNDUZ, M., NASER, A. F. Cost Based Value Stream Mapping as a Sustainable Construction Tool for Underground Pipeline Construction Projects. **Sustainability**, v. 9, n. 12: 2184, p. 1–20, 2017.

HELLENO, A. L., MORAES, A. J. I., SIMON, A. T. Integrating sustainability indicators and Lean Manufacturing to assess manufacturing processes: Application case studies in Brazilian industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 153, p. 405–416, 2017.

HERAVI, G., FIROOZI, M. Production process improvement of buildings’ prefabricated steel frames using value stream mapping. **The International Journal of Advanced**

**Manufacturing Technology**, v. 89, n. 9–12, p. 3307–3321, 18 abr. 2017.

HOME QUALITY MARK. **Technical Manual SD 239 - England, Scotland and Wales** Watford Building Research Establishment Limited (BRE), , 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2016 - PAIC**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html?=&t=publicacoes>>. Acesso em: 7 nov. 2018.

ILLANKOON, I. M. C. S., TAM, V. W. Y., LE, K. N., SHEN, L. Key credit criteria among international green building rating tools. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 209–220, 2017.

JABBOUR, A. B. L. S., JABBOUR, C. J. C. Are supplier selection criteria going green? Case studies of companies in Brazil. **Industrial Management & Data Systems**, v. 109, n. 4, p. 477–495, 2009.

JOHN, V. M., PRADO, R. T. A. **Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável**. 1. ed. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010.

KAJIKAWA, Y., INOUE, T., GOH, T. N. **Analysis of building environment assessment frameworks and their implications for sustainability indicators** *Sustainability Science*, 2011.

KAUSKALE, L., GEIPELE, I., ZELTINS, N., LECIS, I. Environmental and Energy Aspects of Construction Industry and Green Buildings. **Latvian Journal of Physics and Technical Sciences**, v. 54, n. 2, p. 24–33, 1 abr. 2017.

KERN, A. P., AMOR, L. V., ANGULO, S. C., MONTELONGO, A. **Factors influencing temporary wood waste generation in high-rise building construction** *Waste Management*, 2018.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy To Construction. **CIFE Technical Report**, v. 72, p. 1–81, 1992.

KRUGER, A., SEVILLE, C. **Construção verde: princípios e práticas em construção residencial**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

LAM, P. T. I, CHAN, E. H. W., CHAU, C. K., POON, C. S., CHUN, K. P. Integrating Green Specifications in Construction and Overcoming Barriers in Their Use. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 135, n. October, p. 142–152, 2009.

LAM, P. T. I, CHAN, E. H. W., CHAU, C. K., POON, C. S., CHUN, K. P. Factors affecting the implementation of green specifications in construction. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 3, p. 654–661, 2010.

LUCENA, A. F. E., MORI, L. M. Critical analysis of Lean Construction measuring tools. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 2, p. 311–321, 2018.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production**, v. 17, n. 1, p. 216–229, 2007.

MIGUEL, P. A. C. (ORGANIZADOR). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <[http://sinir.gov.br/images/sinir/Arquivos\\_diversos\\_do\\_portal/PNRS\\_Revisao\\_Decreto\\_280812.pdf](http://sinir.gov.br/images/sinir/Arquivos_diversos_do_portal/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf)>. Acesso em: 8 nov. 2018.

OFEK, S., AKRON, S., PORTNOV, B. A. Stimulating green construction by influencing the decision-making of main players. **Sustainable Cities and Society**, v. 40, p. 165–173, 2018.

PAZ, D. H. F., LAFAYETTE, K. P. V. Forecasting of construction and demolition waste in Brazil. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 8, p. 708–716, 11 ago. 2016.

PÉREZ, C. T., COSTA, D. B., GONÇALVES, J. P. Identificação, mensuração e caracterização das perdas por transportes em processos construtivos. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 243–263, 2015.

PMI. **Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos – Guia PMBOK®**. 5. ed. Upper Darby, PA: [s.n.].

ROSE, C. M., STEGEMANN, J. A. **From waste management to component management in the construction industry Sustainability (Switzerland)**, 2018.

ROSENBAUM, S., TOLEDO, M., GONZÁLEZ, V. Improving Environmental and Production Performance in Construction Projects Using Value-Stream Mapping: Case Study. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 2, p. 04013045, 2013.

ROTHER, M., SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. 1. ed. São Paulo: [s.n.].

SACKS, R., RADOSAVLJEVIC, M., BARAK, R. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 641–655, 2010.

SCHMIDT, J. S., OSEBOLD, R. Environmental management systems as a driver for sustainability: state of implementation, benefits and barriers in German construction companies. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 23, n. 1, p. 150–162, 2017.

SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System**. 1. ed. New York: Productivity Press, 1985.

SILVA, D. A. L., SILVA, E. J., OMETTO, A. R. Green manufacturing: uma análise da produção científica e de tendências para o futuro. **Production**, v. 26, n. 3, p. 642–655, 2016.

SLACK, N., BRANDON-JONES, A., JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

SONG, L., LIANG, D. Lean construction implementation and its implication on sustainability: a contractor's case study. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 38, n. 3, p. 350–359, 2011.

SPÓSITO, J. P. S., PERDIGÃO, V. D., BARBOSA, R. V., GALVÃO JR., P. Análise das práticas do Lean Construction em um empreendimento residencial. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 18, n. 2, p. 253–273, 2018.

TEZEL, A., KOSKELA, L., TZORTZOPOULOS, P. Visual management in production management: a literature synthesis. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 27, n. 6, p. 766–799, 4 jul. 2016.

TEZEL, A., KOSKELA, L., ZEESHAN, A. Lean thinking in the highways construction sector: motivation, implementation and barriers. **Production Planning & Control**, v. 29, n. 3, p. 247–269, 17 fev. 2018.

TURRIONI, J. B; MELLO, C. H. P. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção**. Itajubá: [s.n.].

VERRIER, B., ROSE, B., CAILLAUD, E. Lean and Green strategy: the Lean and Green House and maturity deployment model. **Journal of Cleaner Production**, v. 116, p. 150–156, mar. 2016.

VIANA, D. D., FORMOSO, C. T., KALSAAS, B. T. **Waste in construction: a systematic literature review on empirical studies**. 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Anais...**San Diego: 2012

WOMACK, J. P., JONES, D. T., ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P., JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YU, H., TWEED, T., AL-HUSSEIN, M., NASSERI, R. Development of Lean Model for House Construction Using Value Stream Mapping. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 8, p. 782–790, 2009.

## **APÊNDICES**

- A. Carta de solicitação para aplicação da ferramenta: Fluxo de Valor Verde
- B. Procedimento de uso operacional: Fluxo de Valor Verde

APÊNDICE A – *E-MAIL* DE SOLICITAÇÃO PARA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA: FLUXO DE VALOR VERDE

Prezado(a) Senhor(a),

Estou propondo o modelo de uma ferramenta para construção enxuta e verde, o Mapeamento de Fluxo de Valor Verde, para o desenvolvimento de uma dissertação de mestrado junto ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Metodista de Piracicaba.

A aplicação desta ferramenta tem por objetivo: mapear o fluxo de informações e materiais da atividade crítica no atual contexto do cronograma da obra, facilitar a todos os profissionais envolvidos a visualização do estado atual e futuro da atividade.

A duração da implantação da ferramenta será de um mês, conforme um cronograma específico, com reuniões periódicas e entrevistas para avaliar o uso da ferramenta.

Os painéis visuais poderão ficar com a empresa, caso a ferramenta venha a fazer parte do vosso sistema de gestão.

Caso concorde em aplicar a ferramenta, peço, por gentileza que responda este e-mail.

Desde já agradeço a atenção e contribuição à pesquisa.

Atenciosamente,

Mariana Bravo  
[marianacamposbravo@yahoo.com.br](mailto:marianacamposbravo@yahoo.com.br)

APÊNDICE B – *PROCEDIMENTO DE USO OPERACIONAL: FLUXO DE VALOR VERDE*





# FLUXO VERDE DE VALOR

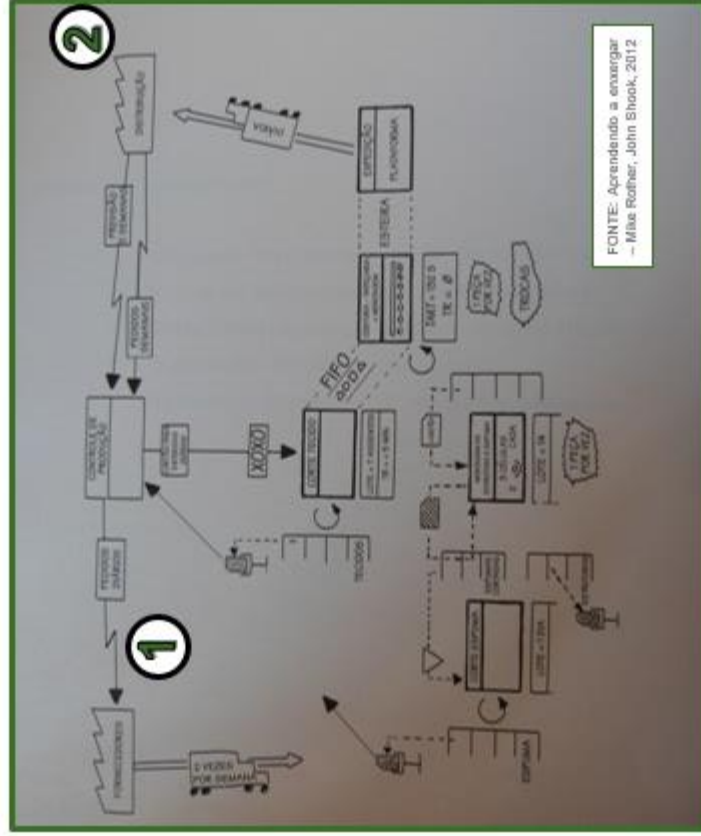
PROCEDIMENTO  
OPERACIONAL DE  
USO

Pequisa para dissertao de Mestrado: "Modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor voltado para Lean and Green Construction"

# 1. O que é o Fluxo de Valor Verde?

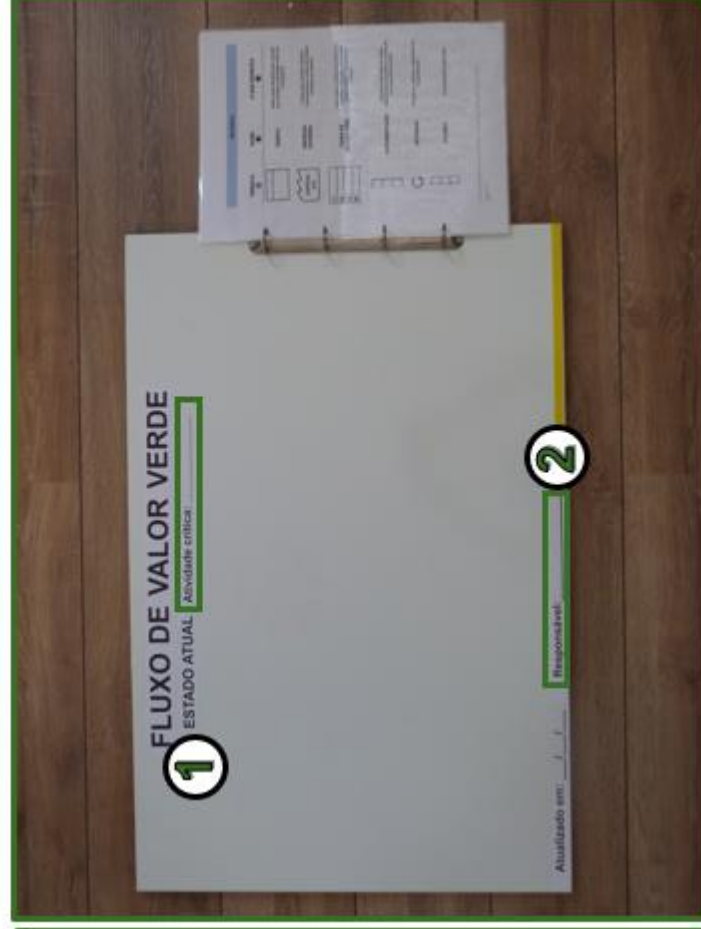
**1** Os mapas de fluxo de valor podem ser desenhados em diferentes momentos, a fim de revelar as oportunidades de melhoria.

**2** Trata-se de um diagrama simples de todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender aos Clientes do pedido à entrega.



## 2. Mapeando o Fluxo de Valor no Estado Atual

- 1 Para mapear o fluxo de valor, primeiramente deve ser escolhida a atividade mais crítica da obra no momento, ou seja, aquela que tem o prazo, custo e qualidade determinantes para a entrega;
- 2 É de extrema importância escolher um profissional responsável pela manutenção dos fluxos de materiais e informações. Este deverá ter acesso ao cronograma e as metas da obra.



## 2. Mapeando o Fluxo de Valor no Estado Atual

Depois de escolhida a atividade crítica, a mesma deve ser mapeada através do formulário:

### OBSERVAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE NO ESTADO ATUAL – COLETA DE DADOS

A coleta de dados será fundamental para a elaboração do Fluxo de Valor Verde com os ícones que estão anexos ao quadro.

ATIVIDADE CRÍTICA		TABELA		GERAL		
DEFINIÇÃO DA		RESPONSÁVEL PELO DADO				
<b>OBSERVAÇÃO DO FLUXO DE VALOR VERDE NO ESTADO ATUAL – COLETA DE DADOS</b>						
DATA	HORARIO	SERVIÇO	FAZ DE OBRAS ENVOLVIDA (em m²)	CLASSIFICAÇÃO PRODUÇÃO DAS HORAS DE SERVIÇO	ÍNDICADORES AMBIENTAIS	
					Consumo de água (litros/m²)	Emissão de CO <sub>2</sub> (kg/m²)
	7:00	8:00				
	8:00	9:00				
	9:00	10:00				
	10:00	11:00				
	11:00	12:00				
	12:00	13:00				
	13:00	14:00				
	14:00	15:00				
	15:00	16:00				
	16:00	17:00				
	17:00	18:00				
	18:00	19:00				
	19:00	20:00				

## 2. Mapeando o Fluxo de Valor no Estado Atual

**1** A mão de obra executante deve ser mapeada antes da observação do fluxo de valor;

**2** Logo em seguida, deve se atentar para a Classificação Produtiva das Horas, para que sejam devidamente apontadas a seguir;

**1**

IDENTIFICAÇÃO DA MÃO DE OBRA			
NÚMERO	NOME	FUNÇÃO	EMPRESA
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

**2**

CLASSIFICAÇÃO PRODUTIVA DAS HORAS	
NÚMERO	NOME
1	INTERVALOS
2	BUSCA POR MATERIAIS
3	BUSCA POR EQUIPAMENTOS
4	EXECUÇÃO DA TAREFA
5	INSPEÇÃO DA QUALIDADE
6	RETRABALHO
7	SUPERVISÃO
8	TREINAMENTO
9	ABSENTISMO POR FALTA
10	ABSENTISMO POR ACIDENTE COM AFASTAMENTO
11	ABSENTISMO POR ACIDENTE SEM AFASTAMENTO

## 2. Mapeando o Fluxo de Valor no Estado Atual

- 1 De hora em hora, observe e anote qual é o serviço executado.
- 2 Preencha o número da mão de obra envolvida, para calcular depois as horas trabalhadas;
- 3 O que cada mão de obra executou deve ser classificado, preenchendo o código da hora de serviço.

DATA	HORÁRIO		SERVIÇO	MÃO DE OBRA ENVOLVIDA (Número)	CLASSIFICAÇÃO PRODUÇÃO DAS HORAS DE SERVIÇO
	Início	Fim			
	7:00	8:00		2	3
	8:00	9:00			
	9:00	10:00			
	10:00	11:00			
	11:00	12:00			
	12:00	13:00			
	13:00	14:00			
	14:00	15:00			
	15:00	16:00			
	16:00	17:00			
	18:00	19:00			
	19:00	20:00			

## 2. Mapeando o Fluxo de Valor no Estado Atual

- 1 Para calcular o consumo e consumo de água, preencha a fonte (para que será utilizada) e em seguida a quantidade que foi utilizada em litros;
- 2 Para calcular o consumo de energia, preencha a fonte (para que será utilizado o equipamento) e em seguida a quantidade em KWh =  $(\text{consumo } W \times \text{horas trabalhadas})/1000$ .

🔄 INDICADORES AMBIENTAIS						
Consumo de Água			Consumo de Energia		Geração de resíduos	
Fonte	Consumo (l)	Fonte	Consumo (kWh)	Fonte	Quantidade gerada(m³)	Classificação CONAMA
	1		2		3	

## 2. Mapeando o Fluxo de Valor no Estado Atual

**3** Para calcular o consumo de resíduos, preencha a fonte (de onde veio o resíduo) e em seguida a quantidade gerada em m<sup>3</sup>, conforme a classificação do CONAMA:

**A:** Alvenaria, concreto, argamassas e solos

**B:** Madeira, metal, plástico, papel e gesso

**C:** Produtos sem tecnologia disponível para recuperação

**D:** Resíduos perigosos (tintas, vernizes, óleos, solventes)

INDICADORES AMBIENTAIS					
Consumo de Água		Consumo de Energia		Geração de resíduos	
Fonte	Consumo (l)	Fonte	Consumo (kWh)	Quantidade gerada(m <sup>3</sup> )	Classificação CONAMA
	<b>1</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	



## 2. Mapeando o Fluxo de Valor no Estado Atual

- 1 Na folha 2, os **Indicadores de Produtividade** devem ter os campos preenchidos com as horas somadas que foram contabilizadas na folha 01

INDICADORES ECONÔMICOS (Produtividade)	
Quantidade dos funcionários envolvidos na tarefa	<input type="text"/>
<b>Total de horas não trabalhadas</b> (SOMATORIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO NÃO PRODUTIVAS: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)	<input type="text"/>
<b>Total de horas trabalhadas</b> (SOMATORIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 4)	<input type="text"/>
<b>TEMPO EFETIVO</b> Te (TOTAL DE HORAS TRABALHADAS/ QUANTIDADE DE FUNCIONÁRIOS)	<input type="text"/>
<b>TC TEMPO DE CICLO</b> (HORÁRIO FINAL) – (HORÁRIO INICIAL)	<input type="text"/>

## 2. Mapeando o Fluxo de Valor no Estado Atual

②

Na folha 2, os **Indicadores de Sociais** devem ter os campos preenchidos com as horas somadas que foram contabilizadas na folha 01

②

INDICADORES SOCIAIS	
IT	TREINAMENTO (PREVISTO: 30% x somatória das horas de trabalho previstas para a execução da atividade)
Af	ABSENTEÍSMO POR FALTAS (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 9)
Aca	ABSENTEÍSMO POR ACIDENTE COM AFASTAMENTO (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 10)
Asa	ABSENTEÍSMO POR ACIDENTE SEM AFASTAMENTO (SOMATÓRIA DAS HORAS CLASSIFICADAS COMO 11)

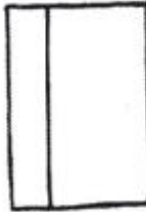
### 3. Desenhando do Fluxo de Valor no Estado Atual

Após a escolha da atividade crítica, iniciamos o mapeamento pelo **Fluxo de Materiais**:

1 Identificando os principais fornecedores:

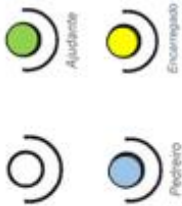


2 E as tarefas que compõem a atividade crítica:

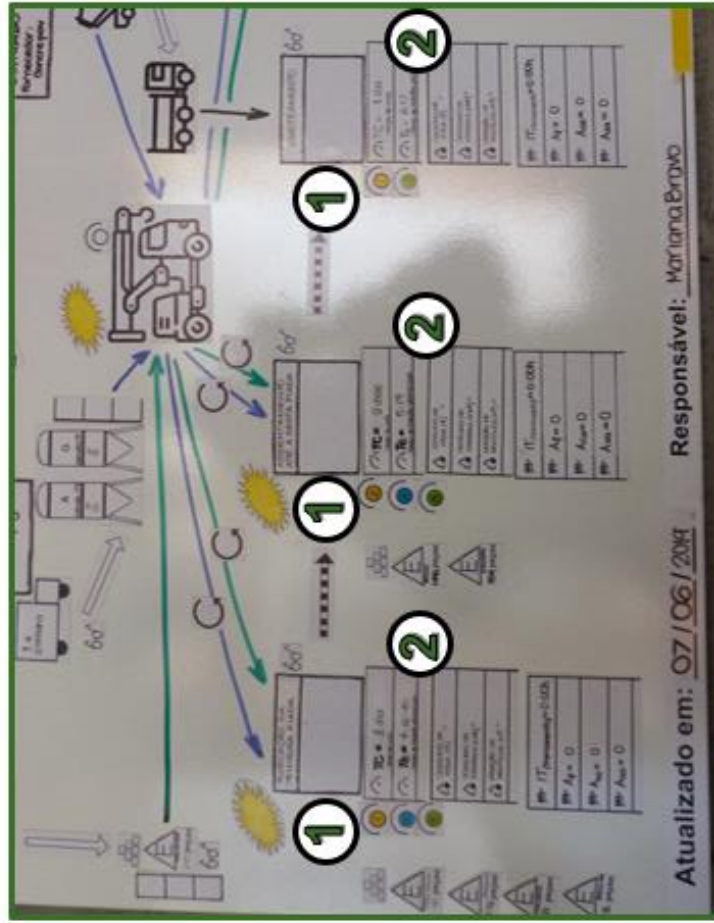
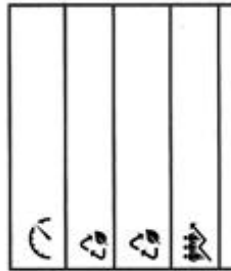


### 3. Desenhando do Fluxo de Valor no Estado Atual

1 A mão de obra que executa a tarefa deve ser identificada:

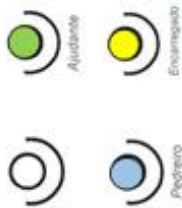


2 As caixas dos indicadores devem estar distribuídas abaixo de cada ícone que descreve a tarefa:

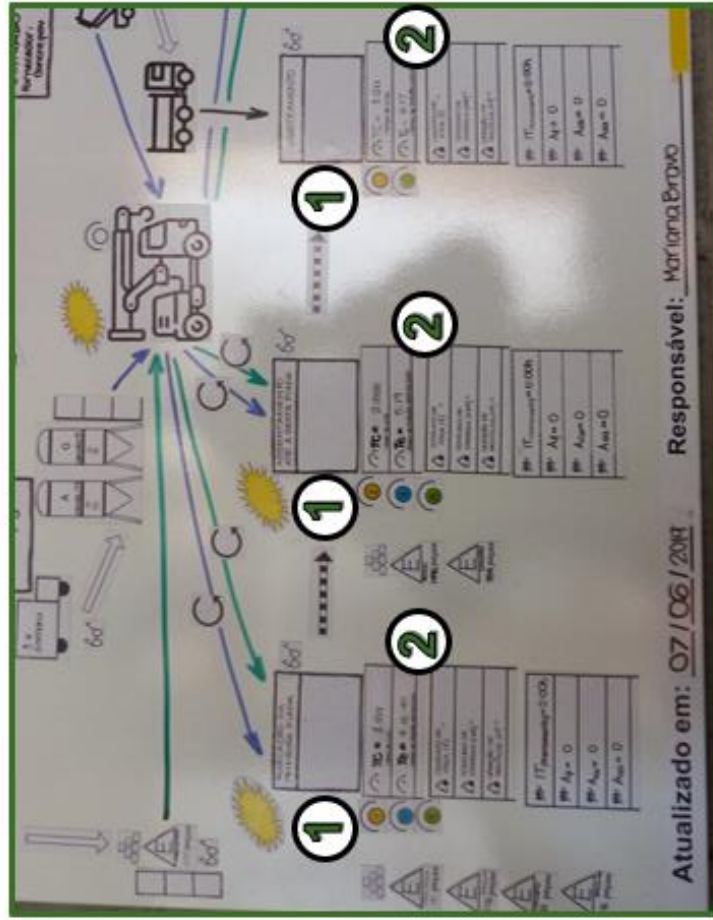
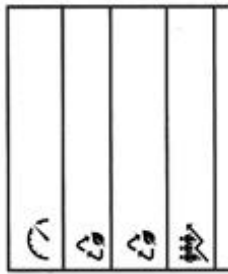


### 3. Desenhando do Fluxo de Valor no Estado Atual

1 A mão de obra que executa a tarefa deve ser identificada:



2 As caixas dos indicadores devem estar distribuídas abaixo de cada ícone que descreve a tarefa:

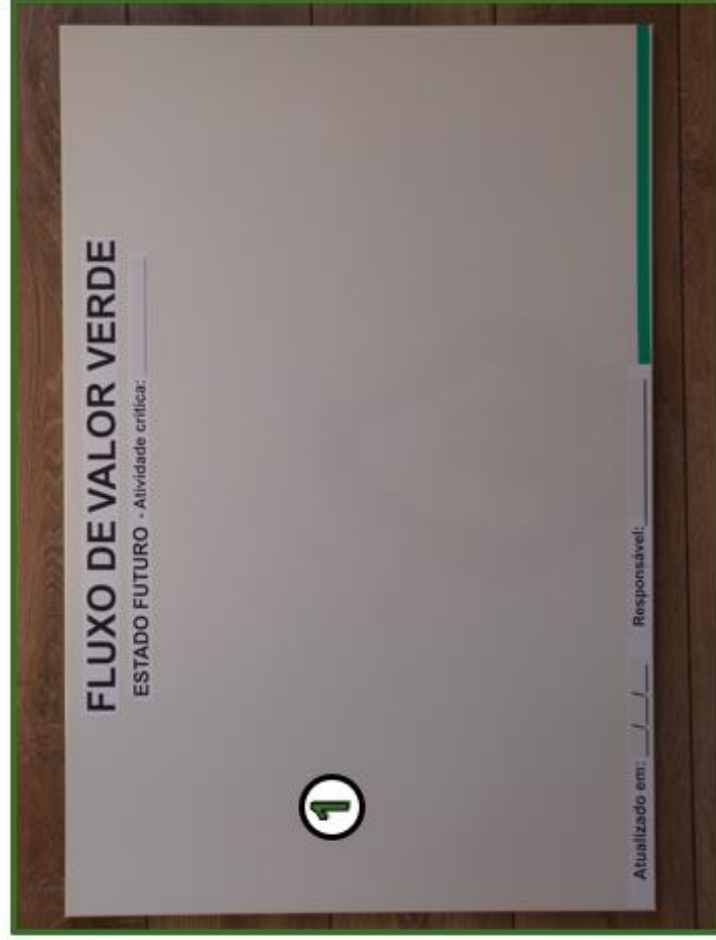


## 4. Definindo o Estado Futuro do Fluxo de Valor

**1** Para uso elaborar a atividade no Estado Futuro, repita as mesmas etapas para utilizadas para elaborar o Estado Atual.

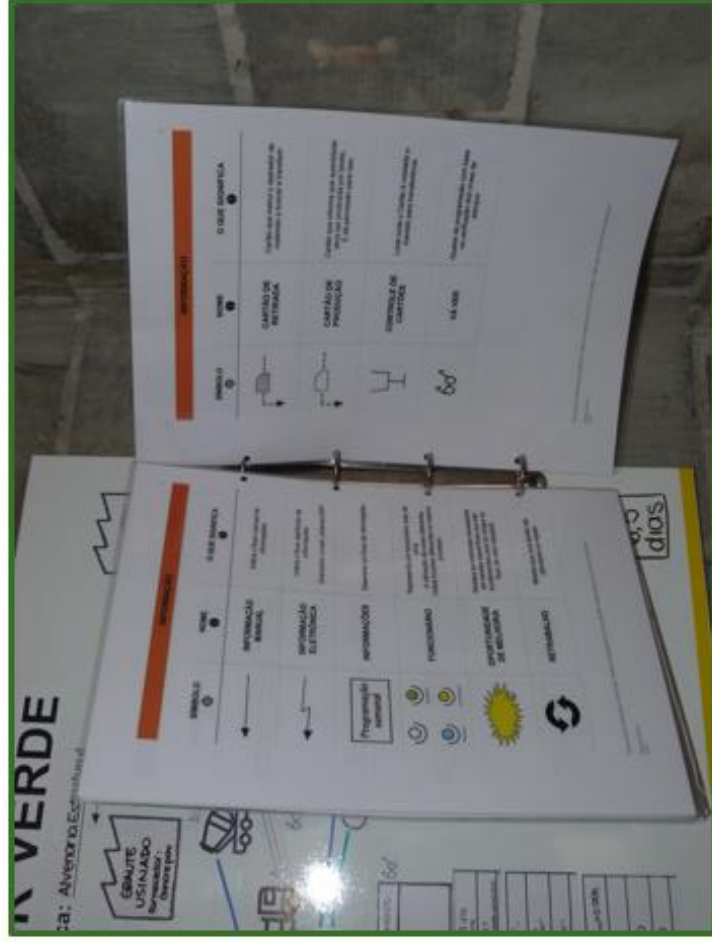
Desta vez, coloque quais são as metas que estão no seu cronograma para cada tarefa.

Assim poderá ver se está em dia com seus prazos.



## 5. Manutenção da ferramenta

- Mantenha os ícones imantados sempre atualizados e devidamente identificados;
- Caso haja, muita movimentação próxima aos painéis, procure tirar fotos logo após a atualização para evitar a perda de informações importantes.



# Memorial Descritivo do Fluxo de Valor Verde

- Títulos impressos em papel adesivo brilhante;
- Ícones digitalizados, impressos em papel brilhante e colados em folhas imantadas;
- 02 (dois) quadros metálicos brancos com dimensões 50 x 90cm. Com fixação de argolas na lateral para exposição dos ícones, ímãs, procedimento e formulários;
- 03 (três) folhas plastificadas em tamanho A3 com a relação de ícones a serem utilizados para o mapeamento do fluxo de valor verde.







# FLUXO VERDE DE VALOR

Resquisa para dissertaao de Mestrado: "Modelo de Mapeamento de Fluxo de Valor voltado para Lean and Green Construction"