

Déborah Lopes Tavares

**UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A INTEGRAÇÃO *LEAN-  
GREEN* PARA MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE  
MANUFATURA METAL MECÂNICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D.

Coorientador: Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng.

Florianópolis  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária  
da UFSC.

Tavares, Déborah Lopes

UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A INTEGRAÇÃO LEAN-GREEN  
PARA MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE MANUFATURA METAL  
MECÂNICA / Déborah Lopes Tavares ; orientador, João  
Carlos Espíndola Ferreira, coorientador, Fernando  
Antônio Forcellini, 2017.

181 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós  
Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Mecânica. 2. Engenharia Mecânica. 3.  
Integração Manufatura Enxuta-Manufatura Verde. 4.  
Micro e Pequenas Empresas. 5. 7Rs. I. Ferreira,  
João Carlos Espíndola. II. Forcellini, Fernando  
Antônio. III. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Mecânica. IV. Título.

Déborah Lopes Tavares

**UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A INTEGRAÇÃO *LEAN-GREEN* PARA MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE MANUFATURA METAL MECÂNICA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Mecânica”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Florianópolis, 12 de abril de 2017.

---

Prof. Jonny Carlos da Silva, Dr. Eng.  
Coordenador do Curso

---

Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph. D. – Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng – Coorientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Abelardo A. de Queiroz, Ph. D.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Marcelo Gitirana Gomes Ferreira, Dr.  
Universidade do Estado de Santa Catarina

---

Prof. Orestes Estevam Alarcon, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Dedico este trabalho a minha família,  
especialmente a Maria de Jesus Tavares  
Valente (*in memoriam*) e a todos que  
contribuíram para essa caminhada.



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela graça da vida e por me encorajar todos os dias através das suas palavras: “Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem se desanime, pois, o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar” (BÍBLIA, Josué 1:9).

Ao Professor João Carlos Espíndola Ferreira agradeço a oportunidade de me orientar no mestrado, o compartilhamento de seus conhecimentos e contribuições importantes no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu coorientador Fernando Antônio Forcellini pela orientação, acompanhamento, questionamentos e compartilhamento de conhecimentos que contribuíram para o delineamento e desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores da banca examinadora Abelardo Queiroz, Marcelo Gitirana Gomes Ferreira e Oreste Estevam Alarcon.

Aos professores Flávio Aguiar Soares e José Pinheiro Queiroz Neto pelas cartas de recomendação enviadas ao POSMEC.

À minha família, principalmente a minha mãe Maria de Fátima Lopes da Costa que sempre transmitiu a importância do aprendizado para as nossas vidas.

Ao Daniel Camilo Fuentes Guzmán por compartilhar momentos bons e ruins neste período, e acreditar no meu potencial muitas vezes eu duvidando.

Aos meus amigos de longa data, especialmente Louise Sanches, Gabrielly Cordeiro, Jhonnatam Cavalcante e Antonio Zancanella por todo apoio e conselhos. Meu muito obrigada.

A equipe do Grima pelas risadas, conversas e contribuições: Vando Lopes, Mariele Bonfante, Gerônimo Amaral, Jackeline Sousa e alunos do GEPPS Lúcio Galvão e Danilo Sá Ribeiro.

Ao Felipe Gustavo Ebersbach por toda ajuda e conversas.

Às minhas amigas Priscila Souza e Mayara Barbosa, pelo encorajamento e todas as conversas pelo WhatsApp que nos uniu apesar das distâncias.

Às empresas pela oportunidade de aplicação da sistemática, mesmo que em sua fase inicial. Em especial agradeço aos senhores Luiz Tomazoni e Ricardo Tomazoni pela solicitude e permissão para ir a empresa sempre que eu precisasse, sem estes o trabalho não teria sido concluído. Ainda, a Lucas Hoepers e Sergio Lino pela ajuda durante a coleta de dados de processo e explicação do funcionamento dos processos.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FA-PEAM pelo apoio financeiro dado a esta pesquisa por meio de bolsa do Programa Rh-Posgrado.

Ao POSMEC por toda a estrutura e oportunidade de ingresso.

Agradeço a todos que diretamente ou indiretamente me apoiaram nesta jornada.

*“Há homens que lutam um dia e são bons.  
Há outros que lutam um ano e são melhores.  
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.  
Porém, há os que lutam toda a vida. Esses são os  
imprescindíveis”.*

(Bertolt Brecht, 1930)



## RESUMO

O aumento da consciência ambiental pelos consumidores e o estabelecimento de acordos mundiais sobre o meio ambiente e leis de gerenciamento de resíduos sólidos no âmbito brasileiro, contribuíram para que a indústria de manufatura viesse a incorporar a sustentabilidade ambiental nas suas operações, visando a minimização dos recursos e do impacto ambiental. Contudo, a incorporação desta depende dos recursos financeiros e não financeiros que a empresa possui. No contexto de micro e pequenas empresas (MPEs) estes recursos são reduzidos, havendo a necessidade de métodos voltados à sustentabilidade ambiental que considerem as restrições de recursos. Assim, nos últimos anos têm sido apresentados estudos de integração da manufatura enxuta (“*lean*”) à manufatura verde (“*green*”), porém não foram encontrados métodos direcionados às características das micro e pequenas empresas. Portanto, neste trabalho apresenta-se um método integrando manufatura enxuta e manufatura verde associando os objetivos principais das abordagens, valor para o cliente e consumo eficiente dos recursos naturais. Estes objetivos são mensurados pelos indicadores: tempo, consumo de energia, consumo de matéria-prima e geração de resíduos sólidos (cavaco, sobra e refugo) presentes em atividades desnecessárias que não agregam valor, atividades necessárias que não agregam valor e atividades que agregam valor. Contribuindo assim para que as MPEs identifiquem oportunidades de melhorias pela eliminação dos desperdícios, utilizando os 7R’s: Reduzir, Reusar, Reciclar, Remover, Renovar, Receita e Repensar. A sistemática proposta foi aplicada por meio de uma pesquisa-ação em uma pequena empresa fabricante de artigos de serralheria, resultando na mensuração dos indicadores do processo, análise das causas que o originam e identificação de melhorias e a realização da viabilidade destas quanto a custo, prazo e mão de-obra necessária. Além disso, a interpretação dos resultados permite que as MPEs conheçam ferramentas que minimizem as perdas com relação aos indicadores medidos.

**Palavras-chave:** Manufatura Enxuta, Manufatura Verde, Integração *Lean-Green*, Micro e Pequenas Empresas, Indicadores *Lean-Green*, 7Rs.



## ABSTRACT

The increase in environmental awareness among customers and the establishment of global agreements on the environment and solid waste management laws in Brazil contributed to the manufacturing industry's assimilation of environmental sustainability in its operations, aiming at the minimization of resources and the environmental impact. However, this assimilation depends on the company's financial and non-financial resources. In the context of micro and small enterprises (SMEs) these resources are reduced, and there is a need for methods aimed at environmental sustainability that take into account resource constraints. Thus, in recent years studies have been presented on the integration of lean manufacturing and green manufacturing, but no methods have been found that focus on the characteristics of micro and small companies. Therefore, this work presents a method integrating lean and green manufacturing, associating the main objectives of the following approaches: value for the client, and efficient consumption of natural resources. These objectives are measured by the indicators: time, energy consumption, raw material consumption, and solid waste generation (machining chips, leftovers, and scrap), present in unnecessary activities that do not add value, necessary activities that do not add value, and activities that add value. This helps SMEs identify opportunities for waste elimination by using the 7R's: Reduce, Reuse, Recycle, Remove, Renew, Revenue, and Rethink. The proposed systematic was applied through an action research in a small company that manufactures locksmith's articles, resulting in the measurement of the process indicators, analysis of the causes that originate it and identification of improvements and the realization of the feasibility of these as cost, time and labor required. In addition, the interpretation of the results allows the MPEs to know tools that minimize losses in relation to the measured indicators.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Green Manufacturing, Lean-Green Integration, Micro and Small Companies, Indicators Lean-Green, 7Rs.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura aplicada ao desenvolvimento do trabalho.....	63
Figura 2 - Representação dos Termos de Desenvolvimento Sustentável.....	66
Figura 3 - Representação da Questão Ambiental para os Empresários de MPEs. .....	71
Figura 4 - Relação da Manufatura Verde, Manufatura Enxuta e Manufatura Socialmente Consciente com Tripé da Sustentabilidade.....	75
Figura 5 - Estágio do Ciclo de Vida de uma LCA. ....	78
Figura 6 – Visão Holística para a Concepção de Produtos Sustentáveis.....	79
Figura 7 - Aspectos Comparativos entre a Manufatura Enxuta e Manufatura Verde. ....	80
Figura 8 - Relação dos Desperdícios Verdes ao Enxutos.....	81
Figura 9 - Descrição das Etapas da Revisão Bibliográfica Sistemática. ....	82
Figura 10 - Distribuição dos Artigos Encontrados por Base.....	84
Figura 11 - Distribuição dos Artigos Encontrados por Base - <i>String 2</i> .....	87
Figura 12 - Distribuição de Artigos por Ano – <i>String 2</i> .....	88
Figura 13 - Estrutura de Integração dos Requisitos <i>Lean-Green Manufacturing</i> . .....	101
Figura 14 - Associação dos Tipos de Atividades ao Valor. ....	103
Figura 15 - Representação Esquemática da Integração dos Requisitos <i>Lean e Green</i> Presentes na Atividade de Manufatura.....	104
Figura 16 - Sistemática para a Integração <i>Lean-Green</i> para MPE.....	108
Figura 17 - Formulário de Acompanhamento de Processo. ....	117
Figura 18 - Formulário de Mensuração dos Indicadores <i>Lean-Green</i> . ....	118
Figura 19 - Anexo do Formulário de Mensuração dos Indicadores <i>Lean-Green</i> : Descritivo dos Termos das Equações. ....	119
Figura 20 - Gráfico de Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo por Tipo de Atividade. ....	122
Figura 21 - Diagrama de Causa e Efeito para Análise do Indicador da Atividade que não Agrega Valor. ....	123
Figura 22 - Formulário para Análise de Indicadores <i>Lean-Green</i> . ....	124
Figura 23 - Ferramenta de Suporte: Formulário para Identificação e Análise da Viabilidade de Melhorias de Processo. ....	129
Figura 24 - Aplicação piloto da primeira fase (a) e aplicação de todas as fases da sistemática (b). ....	131
Figura 25 - Formulário de Processo - Fase 1. ....	134
Figura 26 - Representação dos Componentes do Setor Metal-mecânico. ....	136
Figura 27 - Layout da Empresa Z de Estruturas Metálicas. ....	138
Figura 28 – Estrutura da Fase 1: Processo. ....	139
Figura 29 - Família de Prolongadores da Empresa Z.....	140
Figura 30 - Vista Explodida dos Componentes do Prolongador de Base Redonda. ....	141
Figura 31 - Especificações Dimensionais - Base Redonda $\varnothing 38,10\text{mm} \times 25\text{mm}$ . .....	141

Figura 32 - Especificações Dimensionais - Barra Roscada $\varnothing 7,0\text{mm}$ x 110mm.	142
Figura 33 - Etapas de Processo da Base Redonda $\varnothing 38,10\text{mm}$ x 25mm.	142
Figura 34 - Ilustração do Processo de Corte: Base Redonda.	143
Figura 35 - Representação das Etapas de Processo no Torneamento: Barra Redonda.	144
Figura 36 - Etapas de Processo da Barra Roscada $\varnothing 7,9\text{mm}$ x 110mm.	145
Figura 37 - Etapas de Processo do Prolongador $\varnothing 38,10\text{mm}$ x 25mm.	145
Figura 38 - Formulário da Situação Atual do Processo do Produto Prolongador $\varnothing 38,10\text{mm}$ x 25mm.	148
Figura 39 - Formulário da Situação Atual do Processo do Produto Prolongador $\varnothing 38,10\text{mm}$ x 25mm.	149
Figura 40 - Layout Piso Superior: Setores Administrativos.	151
Figura 41 - Layout Piso Inferior: Processos Produtivos e Loja.	152
Figura 42 - Estrutura da Fase 1: Processo.	153
Figura 43 - Representação do Produto Caixa Contrapeso: Modelo 1.	154
Figura 44 - Etapas do Processo Produtivo da Caixa Contrapeso: Modelo 1.	154
Figura 45 - Principais componentes da Guilhotina Linear Hidráulica.	155
Figura 46 - Representação do Processo de Corte.	155
Figura 47 - Principais Componentes da Máquina de Dobra.	156
Figura 48 - Formulário da Situação Atual do Processo do Produto Caixa Contrapeso: Modelo 1.	160
Figura 49 - Sistemática para Integração <i>Lean-Green</i> para MPE.	162
Figura 50 - Fase 1 da Sistemática pra Integração <i>Lean-Green</i> .	163
Figura 51 - Formulário de Acompanhamento do Processo de Corte.	165
Figura 52 - Formulário de Acompanhamento do Processo de Dobra.	166
Figura 53 - Formulário de Mensuração dos Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Corte.	168
Figura 54 - Formulário de Mensuração dos Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Dobra.	169
Figura 55 - Componentes da Fase 2: Análise.	170
Figura 56 - Formulário para Análise dos Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Corte – Item 406026.	172
Figura 57 - Formulário para Análise dos Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Corte - Item: 1100.	173
Figura 58 - Componentes da Fase 3: Melhorias.	174
Figura 59 - Formulário para Identificação e Análise da Viabilidade de Melhorias de Processo.	176

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Medidas Representativas do Tripé da Sustentabilidade.....	68
Quadro 2 - Classificação do Porte das Empresas. ....	69
Quadro 3 – Indicadores <i>Lean-Green</i> .Fonte: Da autora. ....	105
Quadro 4- Indicadores atribuídos à associação <i>Lean-Green</i> .....	106
Quadro 5 - Equações para Mensuração dos Indicadores <i>Lean-Green</i> das Atividades Desnecessárias que não Agregam Valor.....	112
Quadro 6 - Equações para Mensuração dos Indicadores <i>Lean-Green</i> das Atividades Necessárias que não Agregam Valor. ....	114
Quadro 7 - Equações para Mensuração dos Indicadores <i>Lean-Green</i> das Atividades que Agregam Valor. ....	115
Quadro 8 - Estrutura para Comparação de Indicadores <i>Lean-Green</i> . ....	121
Quadro 9 - Estrutura Aplicada para Determinação do 7R's. ....	127
Quadro 10 - Especificação das Melhorias relacionadas com o Erre Selecionado. ....	127
Quadro 11 - Classificação dos indicadores por Tipo de Atividade e Recurso. ....	133
Quadro 12 - Grupos e Classes do Setor de Produtos de Metal. (continua) .....	136
Quadro 13 - Componentes do Prolongador de Base Redonda para Vidro. ....	140
Quadro 14 - Dados de Horário de Trabalho e Paradas Programadas da Empresa Z.....	146
Quadro 15 - Capacidade Efetiva Diária da Empresa Z. ....	146
Quadro 16 - Dados de Horário de Trabalho e Paradas Programadas da Empresa X.....	157
Quadro 17 - Capacidade Efetiva Diária da Empresa X.....	157
Quadro 18 - Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Corte em Serra Mecânica. ....	202
Quadro 19 - Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Faceamento 1. ....	202
Quadro 20 - Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Furação 1.....	203
Quadro 21 - Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Desbaste. ....	203
Quadro 22 - Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Furação 2.....	204
Quadro 23 - Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Faceamento 2. ....	204
Quadro 24 - Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Furação 3.....	205
Quadro 25 - Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Rosqueamento. ....	205
Quadro 26 - Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Corte.....	206
Quadro 27 - Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Esmerilhamento.....	206
Quadro 28 - Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Soldagem.....	207
Quadro 29 - Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Montagem do Prolongador. ....	207
Quadro 30 - Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo de Corte.....	208
Quadro 31 - Resultado das Medições de Consumo de Corrente (Fase por Peça). ....	209
Quadro 32 - Resultado da Medição da Corrente por Fase e Dobra de cada Peça. ....	209

Quadro 33 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Dobra. ....210

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de Empresas por Porte. ....	70
Tabela 2 - Distribuição de Empresas por Porte em Percentual. ....	70
Tabela 3 - Número de Empregos por Porte das Empresas. ....	70



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke – Senso de Utilização, Senso de Organização, Senso de Limpeza, Senso de Padronização e Saúde e Senso de Autodisciplina
5W1H	5 <i>Why and 1 How</i> – 5 Porquês e 1 Como
5W2H	5 <i>Why and 2 How</i> – 5 Porquês e 2 Como
7R	Reduzir, Reciclar, Reutilizar, Remove, Renovar, Receita e Repensar
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i> – Análise Hierárquica de Processo
ANP	<i>Analytic Network Process</i> – Processo de Análise em Rede
AV	Agrega Valor
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CED	<i>Cumulative Energy Demand</i> - Demanda de Energia Cumulativa
CFP	<i>Carbon Footprint</i> – Pegada de Carbono
COP 22	<i>22nd Conference of the Parties</i> - 22ª Conferência das Partes
COR	<i>Cost of Removing Cause i of Waste Type j</i> - Custo de Remoção da Causa <i>i</i> do Tipo de Desperdício <i>j</i>
CVE	<i>Carbon-Value Efficiency</i> - Eficiência de Valor de Carbono
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i> – Análise Envolvente de Dados
DES	<i>Discrete-Event Simulation</i> - Simulação de Eventos Discretos
DFE	<i>Design for Environment</i> – Projeto para o Meio-Ambiente
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
DOE	<i>Design for Experiment</i> – Projeto de Experimentos

E	<i>Environmental</i> – Ambiental
Eco-VSM	<i>Eco-Value Stream Mapping</i> - Eco-Mapeamento de Fluxo de Valor
EMS	<i>Environmental Management Systems</i> – Sistema de Gestão Ambiental
EOR	<i>Ease of Removing Cause i of Waste Type j</i> - Facilidade de Remoção da Causa <i>i</i> do tipo de Resíduo <i>j</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
et al.	Mais de dois autores
EVS	<i>Environmental Value Stream</i> – Fluxo de Valor Ambiental
FIEPR	Federação das Indústrias do Paraná
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos
GMP	<i>Green Performance Map</i> – Mapa de Desempenho Verde
GVSM	<i>Green Value Stream Mapping</i> – Mapeamento de Fluxo de Valor Verde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i> – Avaliação do Ciclo de Vida
LEMIS	<i>Lean Environmental Management Integration System</i> – Sistema Integrado de Gerenciamento Lean-Ambiental
MFA	<i>Material Flow Analysis</i> – Análise do Fluxo de Material
MG	Minas Gerais
MGE	Média e Grande Empresa
MPE	Micro e Pequena Empresa
NAV	Não Agrega Valor
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> – Eficiência Geral do Equipamento
OEEE	<i>Overall Environmental Equipment Effectiveness</i> – Eficiência Geral e Ambiental do Equipamento

Poka-Yokê	<i>Mistake Proofing</i> – Métodos a Prova de Erros
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> – Desdobramento da Função Qualidade
RBS	Revisão Bibliográfica Sistemática
RFID	<i>Radio-Frequency IDentification</i> – Identificação por Rádio Frequência
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SPC	<i>Statistical Process Control</i> – Controle Estatístico de Processo
TAV	Tempo que Agrega Valor
TBL	<i>Triple Bottom Line</i> – Tripé da Sustentabilidade
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i> – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
VSM	<i>Value Stream Mapping</i> – Mapeamento de Fluxo de Valor.
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development</i> - Conselho Mundial Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável
WCDE	<i>World Commission on Environment and Development</i> – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
WFM	<i>Waste Flow Mapping</i> – Mapeamento do Fluxo de Resíduos
WPN	<i>Waste Priority Number</i> – Número de Prioridade do Desperdício
WSPM	<i>Waste Stream Prioritization Method</i> – Método de Priorização do Fluxo de Desperdícios



## LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

$\varnothing$	[mm]	Diâmetro
E	[E]	Espera
h	[h]	Hora
I	[I]	Inspeção
kg	[kg]	Quilograma
kW	[kW]	Quilowatt
min	[min]	Minuto
mm	[mm]	Milímetro
MP	[MP]	Matéria-Prima
P	[P]	Potência do equipamento
pç	[pç]	Peça
R	[R]	Retrabalho
s	[s]	Segundo
S	[S]	Setup
TE	[TE]	Transporte para o Estoque
TMP	[TMP]	Transporte de Matéria-Prima
TPP	[TPP]	Transporte entre Processos



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>61</b>
1.1	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	61
1.2	OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICO .....	62
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	63
<b>2</b>	<b>ESTADO DA ARTE</b> .....	<b>65</b>
2.1	SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	65
2.2	TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE ( <i>TRIPLE BOTTOM LINE</i> – TBL).....	66
2.3	CARACTERÍSTICAS DAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS BRASILEIRAS E SUSTENTABILIDADE .....	68
2.4	MANUFATURA ENXUTA ( <i>LEAN MANUFACTURING</i> )	72
2.4.1	Desperdícios .....	73
2.4.2	Princípios do Pensamento Enxuto.....	73
2.5	MANUFATURA VERDE ( <i>GREEN MANUFACTURING</i> )	74
2.5.1	Práticas da Manufatura Verde .....	76
2.6	INTEGRAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA E MANUFATURA VERDE .....	79
2.7	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA – MÉTODOS DE INTEGRAÇÃO ENXUTA E VERDE .....	81
2.7.1	Formulação da Questão de Pesquisa .....	82
2.7.2	Localização dos Estudos .....	83
2.7.3	Seleção e Avaliação dos Resultados .....	83
2.7.4	Análise e Síntese dos Resultados .....	84
2.7.5	Descrição e Uso dos Resultados.....	85
2.7.6	Seleção e Avaliação dos Resultados 2 .....	86
2.7.7	Seleção e Avaliação dos Resultados 2 .....	86
2.7.8	Descrição e Uso dos Resultados 2.....	88
2.7.9	Limitações dos métodos quanto à aplicação em MPes.....	98
<b>3</b>	<b>SISTEMÁTICA PARA INTEGRAÇÃO <i>LEAN-GREEN</i> EM MPES</b> .....	<b>101</b>
3.1	DESENVOLVIMENTO DOS REQUISITOS DE INTEGRAÇÃO <i>LEAN-GREEN</i> .....	101
3.2	IDENTIFICAÇÃO DE INDICADORES <i>LEAN-GREEN</i> E UNIDADE DE MEDIDA .....	105
3.3	SISTEMÁTICA PARA A INTEGRAÇÃO <i>LEAN-GREEN</i> PROPOSTO PARA MPes.....	107
3.4	1ª FASE: IDENTIFICAÇÃO .....	109
3.4.1	Entrada: Dados do Processo Produtivo .....	109

3.4.2	Atividade 1: Identificar o Processo Produtivo .....	109
3.4.3	Atividade 2: Identificar a Ordem de Produção ou Código do Produto	109
3.4.4	Atividade 3: Descrever os Dados de Processo .....	110
3.4.5	Atividade 4: Mensurar os Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo	111
3.4.6	Saída: Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo.....	116
3.4.7	Ferramenta de Suporte: Formulário de Acompanhamento de Processo e Formulário de Mensuração dos Indicadores <i>Lean-Green</i> ..	116
3.4.8	Execução .....	120
3.5	<b>2ª FASE: ANÁLISE .....</b>	<b>120</b>
3.5.1	Entrada: Indicadores <i>Lean-Green</i> do Processo .....	120
3.5.2	Atividade 1: Verificar os Indicadores mais Representativos das Atividades que Não Agregam Valor.....	121
3.5.3	Atividade 2: Analisar as Causas da Ocorrência dos Indicadores das Atividades que Não agregam Valor .....	122
3.5.4	Saída: Causa dos Indicadores das Atividades que Não Agregam Valor.....	123
3.5.5	Ferramenta de Suporte: Formulário para Análise dos Indicadores <i>Lean-Green</i> .....	123
3.5.6	Execução .....	125
3.6	<b>3ª FASE: MELHORIAS .....</b>	<b>125</b>
3.6.1	Entrada: Causas dos Indicadores das Atividades que Não Agregam Valor.....	125
3.6.2	Atividade 1: Determinar a Aplicação dos 7R's para a Melhoria das Causas .....	125
3.6.3	Atividade 2: Especificar as Melhorias de acordo com o "R" Selecionado .....	127
3.6.4	Atividade 3: Analisar a Viabilidade da Melhoria quanto a Custo, Prazo e Mão-de-Obra.....	127
3.6.5	Saída: Avaliação Técnica das Melhorias .....	128
3.6.6	Ferramenta de Suporte: Formulário para Identificação de Melhorias e Análise de Viabilidade de Aplicação .....	128
3.6.7	Execução .....	130
<b>4</b>	<b>APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA PARA INTEGRAÇÃO <i>LEAN-GREEN</i> PARA MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.....</b>	<b>131</b>
4.2	<b>CARACTERIZAÇÃO DO SETOR METAL-MECÂNICO</b>	<b>135</b>
4.3	<b>DESCRIÇÃO DA EMPRESA Z - FABRICANTE DE ARTIGOS DE ESTRUTURAS METÁLICAS .....</b>	<b>137</b>

4.4	APLICAÇÃO PILOTO DA FASE 1: EMPRESA Z - FABRICANTE DE ARTIGOS DE ESTRUTURAS METÁLICAS...	139
4.4.1	Atividade 1: Definir o Produto .....	139
4.4.2	Atividade 2: Identificar as Etapas do Processo .....	142
4.4.3	Atividade 3: Coletar dados de capacidade efetiva diária...	145
4.4.4	Atividade 4: Mensurar os indicadores <i>Lean-Green</i> .....	146
4.4.5	Ferramenta de Suporte: Formulário da Situação Atual do Processo	147
4.4.6	Análise da Aplicação Piloto da Fase 1: Empresa Z.....	150
4.5	DESCRIÇÃO DA EMPRESA X - FABRICANTE DE ARTIGOS DE SERRALHERIA.....	150
4.6	APLICAÇÃO PILOTO DA FASE 1: EMPRESA X - FABRICANTE DE ARTIGOS DE SERRALHERIA .....	153
4.6.1	Atividade 1: Definir o Produto .....	153
4.6.2	Atividade 2: Identificar as Etapas do Processo .....	154
4.6.3	Atividade 3: Coletar Dados de Capacidade Efetiva Diária	157
4.6.4	Atividade 4: Mensurar os Indicadores <i>Lean-Green</i> .....	158
4.6.5	Ferramenta de Suporte: Formulário de Processo.....	159
4.6.6	Análise da Aplicação Piloto da Fase 1: Empresa X .....	161
4.7	APLICAÇÃO D SISTEMÁTICA PARA INTEGRAÇÃO <i>LEAN-GREEN</i> NA EMPRESA X.....	162
4.7.1	Fase 1: Identificação.....	163
4.7.2	Fase 2: Análise .....	170
4.7.3	Fase 3: Melhorias .....	174
4.7.4	Análise da Aplicação da Sistemática para Integração <i>Lean- Green</i> : Empresa X.....	177
4.8	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	178
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	179
	REFERÊNCIAS .....	183
	APÊNDICE A – PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO .....	197
	.....	197
	APÊNDICE B – INDICADORES AMBIENTAIS UTILIZADOS NO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO.....	198
	APÊNDICE C - FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO .....	199
	.....	199
	APÊNDICE D - FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO .....	200
	APÊNDICE E – BALANÇA URANO 1 QUILOGRAMA .....	201

<b>APÊNDICE F – DETALHAMENTO DOS INDICADORES MEDIDOS NA APLICAÇÃO PILOTO – EMPRESA Z.....</b>	<b>202</b>
<b>APÊNDICE G - DETALHAMENTO DOS INDICADORES MEDIDOS NA APLICAÇÃO PILOTO – EMPRESA X.....</b>	<b>208</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Devido à crescente preocupação e consciência ambiental da sociedade e governo, as empresas estão enfrentando o desafio de adequarem seus produtos e processos a minimização dos impactos ambientais gerados. Tal interesse da sociedade pode ser percebido pela repercussão das informações noticiadas pelos meios de comunicação quanto a questões relacionadas ao aquecimento global, emissões de carbono, mudanças de hábitos como o consumo de alimentos orgânicos e repercussão de acidentes ambientais como o rompimento da barragem de rejeitos em Mariana (MG) em 2016. Além disso, destacam-se iniciativas governamentais brasileiras como a instituição do gerenciamento de resíduos sólidos, e em nível mundial a realização de conferências sobre o meio ambiente para estabelecimento de acordos globais a respeito do equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e redução da degradação ambiental, desde a conferência de Estocolmo em 1972, à conferência do clima (COP22), realizada em 2016 na França, que visa limitar o aumento da temperatura global dos próximos anos a menos de 2° C anual e instituir metas individuais para redução dos gases de efeito estufa até 2020.

Uma pesquisa denominada Greendex (2014), realizada pela *National Geographic Society* em associação com o instituto de pesquisas GlobeScan, apontam que ocorreu um aumento dos consumidores preocupados com os problemas ambientais nos 18 países pesquisados, 61% em comparação com 56% em 2012. No Brasil, esta pesquisa foi realizada considerando os consumidores de todas as faixas de renda, conforme a seguinte proporção: 16% classe alta, 58% classe média e 26% classe baixa. Assim, resultou que os consumidores brasileiros ocupam a quarta posição no ranking, com percentual de 55%, e acreditam estarem muito mais propensos a serem afetados negativamente pelas alterações climáticas.

Portanto, as empresas devem repensar seus objetivos principais, que são lucratividade e eficiência, assim como devem incluir a sustentabilidade visando à demanda por produtos e serviços ambientalmente sustentáveis (GARZA-REYES, 2015).

Respondendo a esta crescente pressão, as empresas estão adotando soluções para aplicar a sustentabilidade ambiental, e uma destas é a manufatura verde integrada à manufatura enxuta devido aos objetivos comuns que compartilham como a redução e eliminação de desperdícios,

uso eficiente de recursos, e o envolvimento dos funcionários. No entanto, apesar da existência de estudos a respeito da combinação destas abordagens, existem dificuldades encontradas pelas empresas quanto a sua utilização. Ng et al. (2015) destacam a dificuldade das empresas em integrar e aplicar a manufatura enxuta e verde quando possuem recursos financeiros limitados; embora existam modelos, *frameworks* e metodologias, ainda há limitações e desafios.

Logo, a predisposição da aplicação depende do tamanho da empresa. Grandes empresas tendem a ser mais propensas a fazer investimentos ambientais quando comparado a empresas menores, uma vez que possuem maiores recursos financeiros e não-financeiros (tempo, número de funcionários e gestão comprometida com questões ambientais). Além disso, empresas maiores são mais visíveis e sujeitas a maiores pressões externas segundo Lefebvre *et al* (2003) e Panwar (2016).

Assim, micro e pequenas empresas (MPE) têm dificuldades em investir em medidas para a minimização do impacto ambiental, em virtude da falta de recursos financeiros, falta de tempo, número reduzido de funcionários e a falta de envolvimento dos proprietários-gerentes em questões além do negócio principal da empresa (GONZALEZ-BENITO & GONZALEZ-BENITO, 2005; REDMOND et al., 2008; CASSELLS e LEWIS, 2011).

Confirmando a importância de estudos que visem o engajamento ambiental e considerem as limitações das MPEs, Alves e Medeiros (2015) afirmam que são limitados os estudos que trabalham com este tipo de empresa e, especificamente, em relação às questões ambientais. Além disso, existe um número reduzido de trabalhos direcionado ao desenvolvimento de *Lean-Green Manufacturing* para as MPEs.

Assim, este trabalho tem como problema de pesquisa as dificuldades apresentadas pelas micro e pequenas empresas em aplicar a sustentabilidade ambiental por meio da manufatura enxuta e verde, visto que tais empresas possuem características e dificuldades diferentes das grandes empresas.

## 1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICO

Este trabalho visa o desenvolvimento de uma sistemática para integração da Manufatura Enxuta e Verde aplicada à Micro e Pequenas Empresas de Metal Mecânica. Possibilitando a indicação dos desperdícios enxutos e ambientais do processo considerando as dimensões ambiental e econômica do sistema produtivo, além de direcionar a melhorias que podem ser realizadas.

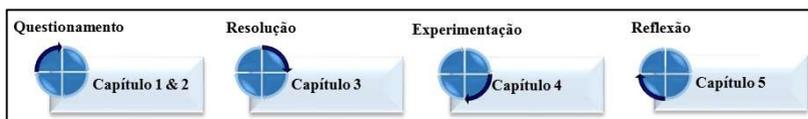
Neste âmbito, quanto aos objetivos específicos, propõe-se:

- Identificar os métodos que integram simultaneamente manufatura enxuta e manufatura verde em MPEs, atendendo assim as dimensões econômica e ambiental da sustentabilidade.
- Analisar a aplicação dos métodos de integração quanto as especificidades das MPEs.
- Desenvolver indicadores para a mensuração dos desperdícios enxutos e ambientais do sistema produtivo.
- Desenvolver uma estrutura para integração da manufatura enxuta e manufatura verde, considerando como requisitos o valor para o cliente e consumo eficiente dos recursos naturais.
- Aplicar a sistemática proposta em MPEs do setor metal-mecânico, visando verificar a viabilidade e os conceitos de desperdício ambiental e enxuto sejam compreendidos e utilizados pelos empresários.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

As etapas do método científico foram associadas à estrutura de desenvolvimento da dissertação e, assim, a presente pesquisa foi desenvolvida como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Estrutura aplicada ao desenvolvimento do trabalho.



Fonte: Da autora.

Na primeira etapa, questionamento, foi realizado um levantamento bibliográfico visando identificar as dificuldades das Micro e Pequenas Empresas em reduzir o impacto ambiental gerado no processo utilizando a integração da manufatura enxuta e verde, além disso determinaram-se os objetivos geral e específico deste trabalho, resultando assim no **Capítulo 1- Introdução**.

Considerando ainda a etapa de questionamento, elaborou-se uma revisão narrativa com os principais temas relacionados ao trabalho, como: sustentabilidade, manufatura enxuta, manufatura verde, integração da manufatura enxuta à manufatura verde, e micro e pequenas empresas e a sustentabilidade. Ademais, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática são apresentados métodos que integram manufatura enxuta à manufatura

verde e suas limitações relacionadas à MPES. Sendo estas apresentadas no **Capítulo 2- Estado da Arte**.

Para solucionar as limitações dos métodos existentes aplicados a MPES, obtidas por meio da análise de conteúdo da RBS, desenvolveram-se requisitos para integração das abordagens, indicadores para mensuração e uma sistemática para integração, utilizando a abordagem *Lean e Green Manufacturing*, sendo descrito no **Capítulo 3 – Sistemática para Integração Lean-Green para MPES**.

Com o intuito de constatar a aplicabilidade do método, foi realizada a etapa de experimentação do método em MPES de manufatura do setor metal-mecânico por meio de estudo de caso e pesquisa-ação, descritos no **Capítulo 4 – Aplicação da Sistemática para Integração Lean-Green para Micro e Pequenas Empresas**.

Na última etapa, designada reflexão, foram analisados os resultados da aplicação e as dificuldades encontradas, resultando assim no **Capítulo 5- Conclusões e Trabalhos Futuros**.

## 2 ESTADO DA ARTE

Neste capítulo serão tratados os temas fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, são estes: Sustentabilidade, Tripé da Sustentabilidade, Sustentabilidade nas Micro e Pequenas Empresas, Manufatura Enxuta, Manufatura Verde e Integração da Manufatura Enxuta e Verde. O estado da arte no âmbito desses temas é elaborado com base em uma revisão narrativa, realizada por meio de livros e artigos encontrados nas seguintes bases de dados: *Science Direct*, *Emerald Insight*, *Springer Link*, *Taylor & Francis Online* e *Web of Science*. Uma revisão bibliográfica sistemática também é apresentada com o objetivo de identificar os artigos de jornais e artigos de conferência que desenvolveram métodos para a integração de *Lean-Green* na área de Manufatura, utilizando as bases de dados: *Science Direct*, *Scopus*, *Web of Science* e *Engineering Village*.

### 2.1 SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

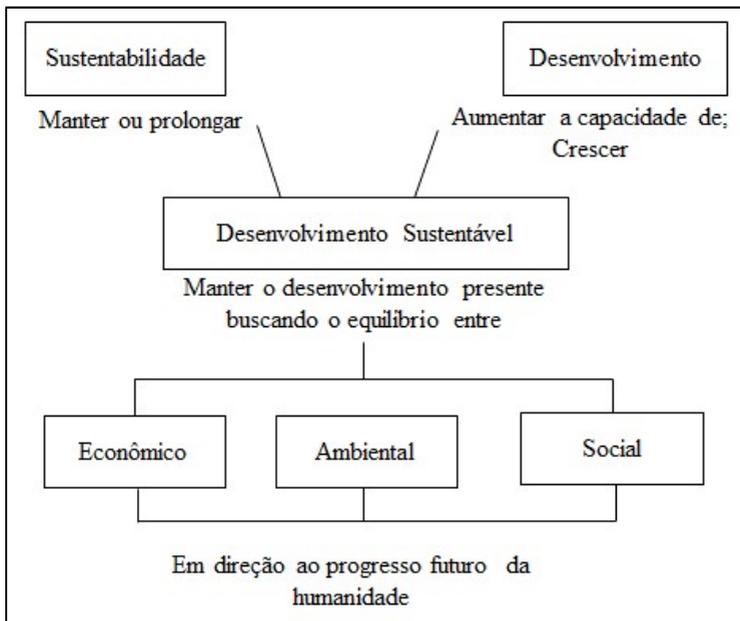
Apesar do uso intercambiável entre os termos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, os mesmos se diferem (LELÉ, 1991; MEBRATU, 1998; BALBINOT e BORIM-de-SOUZA, 2012). Sustentabilidade associada ao sentido literal tem como significado qualquer coisa que se sustenta, mantém-se (LELÉ, 1991), no sentido ecológico se refere à base ecológica de sustentação da vida humana (LELÉ, 1991), à condição de manutenção de sistemas naturais (OTTE, 2013). O termo desenvolvimento sustentável refere-se ao desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras (WCED, 1987).

Logo, a sustentabilidade visa o equilíbrio no uso e os gastos de recursos naturais (OSORIO et al., 2005), ou seja, visa manter a harmonia entre sociedade e meio ambiente (OTTE, 2013). Em contrapartida, o desenvolvimento sustentável também visa à preservação dos recursos naturais, mas sendo complementado pelos objetivos de obter crescimento e desenvolvimento econômico, buscando assim a consonância entre os aspectos ambiental, social e econômico (OSORIO et al., 2005; OTTE, 2013).

Assim, a sustentabilidade é uma parte integrante do desenvolvimento sustentável, sendo a definição de desenvolvimento sustentável cunhada pela *World Commission on Environment and Development* (WCED) amplamente conhecida como um conceito sistêmico relativo à continuidade das políticas econômicas, social e ambiental da sociedade

humana (PAMPANELLI, 2011; GIMENEZ et al., 2012). Uma representação destes conceitos é apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Representação dos Termos de Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: Adaptado de Osório et al. (2005).

O desenvolvimento sustentável é uma tarefa desafiadora e complexa segundo Giret et al. (2015), pois envolve muitos fatores, tais como: tecnologia e engenharia, economia, meio ambiente, saúde e bem-estar das pessoas, desejos sociais e estratégias de governo. Neste trabalho o termo sustentabilidade será usado para representar o desenvolvimento sustentável, pelo fato do primeiro ser popularmente conhecido e utilizado pelo meio acadêmico, empresarial e popular. Diferenças ontológicas, epistemológicas e históricas entre os termos não foram apresentados, por não ser objeto de estudo deste trabalho.

## 2.2 TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE (*TRIPLE BOTTOM LINE – TBL*)

Pode ser definido como a simultaneidade e equilíbrio das questões econômicas, ambientais e sociais de um ponto de vista microeconômico

(ELKINGTON, 1997). Este conceito foi apresentado por John Elkington no livro *Cannibals with Forks: Triple Bottom Line of 21st Century Business*, em 1997.

As três dimensões que compõe o TBL são detalhadas a seguir:

- **Dimensão Econômica:** refere-se ao lucro obtido pela empresa, ou seja, retorno positivo sobre o capital econômico utilizado. No entanto, na contabilidade tradicional é medida a curto prazo e, segundo Elkington (1997), é necessário a busca da sustentabilidade em longo prazo. Para isto, devem-se incluir ao capital econômico, composto pelo capital físico (incluído máquinas e instalações) e capital financeiro, o capital humano e o capital intelectual devido à importância da economia do conhecimento. Adicionalmente, Wilson (2015) ressalta que as mudanças no ambiente econômico e mudanças no ambiente natural deveriam estar alinhadas para incentivar ou mesmo forçar as organizações a aprender e alterar suas estratégias.

- **Dimensão Ambiental:** refere-se à manutenção do capital natural, a fim de assegurar o equilíbrio da natureza. Segundo Elkington (1997), o capital natural representa um conceito complexo associado à riqueza natural, pois não deve se limitar somente ao ecossistema principal impactado, mas também considerar toda a riqueza natural subjacente que suporta este ecossistema. Ademais, Elkington (1997) afirma que o capital natural deve ser avaliado em duas formas principais: (a) o capital natural crítico, essencial para a manutenção da vida e da integridade do ecossistema, e (b) o capital natural renovável, o qual pode ser renovado, reparado ou substituído. Portanto, conforme Morioka (2014), é importante que as empresas verifiquem possíveis riscos e impactos ambientais que afetem seu desempenho financeiro e que, pelos quais, pode ser responsabilizada.

- **Dimensão Social:** é representada pelo capital social, definido por Fukuyama (1995) como a capacidade emergida a partir da dominância da confiança em uma sociedade ou em certas partes da mesma. Segundo Elkington (1997), o capital social é constituído pelo capital humano, na forma de saúde pública, habilidades e educação. E também por medidas mais amplas de saúde e criação de riqueza potencial de uma sociedade. Além disso, Elkington (1997) argumenta que o desenvolvimento sustentável é mais provável e serão alcançados com o menor custo global para a economia, nas sociedades onde existem os mais altos níveis de confiança, tanto entre a empresa e *stakeholders* internos quanto externos.

Assim, o tripé da sustentabilidade sugere que as empresas precisam se engajar no comportamento social e ambientalmente responsável, mas, também, que os ganhos financeiros positivos podem ser realizados no processo (GIMENEZ et al., 2012), pode-se citar a venda de materiais recicláveis para associações comunitárias. Além disso, de acordo com Stoddard (2012), o TBL é considerado relativamente como uma nova medida de desempenho corporativo que exige a divulgação pública de indicadores sociais, econômicos e ambientais do desempenho organizacional. Exemplos destas medidas podem ser verificadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Medidas Representativas do Tripé da Sustentabilidade.

<b>Econômico</b>	<b>Ambiental</b>	<b>Social</b>
Vendas, Lucros, ROI	Poluentes Emitidos	Registro de Saúde e Segurança
Impostos Pagos	Pegada de Carbono	Impactos na Comunidade
Fluxos Monetários	Reciclagem e Reuso	Direitos Humanos; Privacidade
Empregos Criados	Uso de Água e Energia	Responsabilidade de Produto
Relação com Fornecedores	Impacto dos Produtos	Relação com os Empregados

Fonte: Traduzido de SAVITZ (2012).

### 2.3 CARACTERÍSTICAS DAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS BRASILEIRAS E SUSTENTABILIDADE

As micro e pequenas empresas possuem as seguintes características gerais, de acordo com o IBGE (2003):

- Baixa intensidade de capital;
- Altas taxas de natalidade e mortalidade;
- Presença de membros da família como mão-de-obra;
- Poder decisório centralizado;
- Falta de distinção entre pessoa física e jurídica, principalmente em termos contábeis e financeiros;
- Registros contábeis pouco adequados;
- Utilização de mão-de-obra não qualificada ou semiquificada.
- Baixo investimento em inovação tecnológica;
- Maior dificuldade de acesso ao financiamento de capital de giro; e
- Relação de complementaridade e subordinação com as empresas de grande porte.

No Brasil o porte das MPEs pode ser classificado de duas formas distintas: segundo o número de empregados, ou quanto à receita operacional bruta da organização, dependendo da instituição. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a falta de unanimidade ocorre devido às diferentes finalidades das instituições como: regulamentação, crédito, estudos, entre outros (IBGE, 2003).

O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) adota como critério o número de empregados do IBGE e a receita bruta anual, dependendo da finalidade. Segundo o SEBRAE-SC (2015), o primeiro critério é utilizado para fins bancários, ações de tecnologia, exportação e outros, e o segundo é adotado para fins legais conforme a Lei 123 de 15 de dezembro de 2006.

Para o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o critério utilizado é a receita operacional bruta anual (BNDES, 2015). As classificações utilizadas pelas instituições são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação do Porte das Empresas.

Instituição	Critério	Setor	Porte da Empresa				
			Micro	Pequena	Média	Média-Grande	Grande
SEBRAE	Nº de colaboradores	Indústria	19	20-99	100-499	-	Mais de 500
		Comércio e Serviços	9	10-49	50-99	-	Mais de 100
	Lei 123 de 15 de dezembro de 2006	-	$\leq 360.10^3$ reais	$> 360.10^3$ ou $\leq 3,6.10^6$ reais	-	-	-
BNDES	Receita Operacional Bruta Anual	-	$\leq 2,4.10^6$ reais	$> 2,4.10^6$ e $\leq 16.10^6$ reais	$> 16.10^6$ e $\leq 90.10^6$ reais	$> 90.10^6$ e $\leq 300.10^6$ reais	$> 300.10^6$ reais

Fonte: Adaptado de SEBRAE (2014) e BNDES (2015).

As MPEs representam um número expressivo de estabelecimentos se comparado às médias e grandes empresas (MGE). Em 2013 o total de MPEs foi 6.629.879, enquanto o total de MGEs no mesmo período foi 70.242, e a representatividade de cada uma destas é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Número de Empresas por Porte.

Porte das Empresas	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Micro	4.729.213	4.885.237	5.052.275	5.150.392	5.274.274	5.473.213	5.657.018	5.790.546	5.980.973	6.040.089	6.215.352
Pequena	227.430	244.974	259.968	274.420	293.035	315.538	331.570	360.773	384.028	401.442	414.527
<b>MPE</b>	<b>4.956.643</b>	<b>5.130.211</b>	<b>5.312.243</b>	<b>5.424.812</b>	<b>5.567.309</b>	<b>5.788.751</b>	<b>5.988.588</b>	<b>6.151.319</b>	<b>6.365.001</b>	<b>6.441.531</b>	<b>6.629.879</b>
Média	24.374	26.516	27.992	29.862	32.531	34.811	36.527	40.211	42.463	43.823	45.115
Grande	12.670	13.727	14.680	15.763	17.217	18.385	19.369	21.598	23.155	24.411	25.127
<b>MGE</b>	<b>37.044</b>	<b>40.243</b>	<b>42.672</b>	<b>45.625</b>	<b>49.748</b>	<b>53.196</b>	<b>55.896</b>	<b>61.809</b>	<b>65.618</b>	<b>68.234</b>	<b>70.242</b>
Total	4.993.687	5.170.454	5.354.915	5.470.437	5.617.057	5.841.947	6.044.484	6.213.128	6.430.619	6.509.765	6.700.121

Fonte: SEBRAE/DIEESE (2015).

Em percentual as MPEs representam em média 99% dos estabelecimentos totais no Brasil e, na Tabela 2 são apresentados os percentuais de MPE e MGE para os anos de 2003-2013.

Tabela 2 - Distribuição de Empresas por Porte em Percentual.

Porte das Empresas	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Micro	94,7%	94,5%	94,3%	94,1%	93,9%	93,7%	93,6%	93,2%	93,0%	92,8%	92,8%
Pequena	4,6%	4,7%	4,9%	5,0%	5,2%	5,4%	5,5%	5,8%	6,0%	6,2%	6,2%
<b>MPE</b>	<b>99,3%</b>	<b>99,2%</b>	<b>99,2%</b>	<b>99,2%</b>	<b>99,1%</b>	<b>99,1%</b>	<b>99,1%</b>	<b>99,0%</b>	<b>99,0%</b>	<b>99,0%</b>	<b>99,0%</b>
Média	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,7%	0,7%	0,7%
Grande	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%	0,4%
<b>MGE</b>	<b>0,7%</b>	<b>0,8%</b>	<b>0,8%</b>	<b>0,8%</b>	<b>0,9%</b>	<b>0,9%</b>	<b>0,9%</b>	<b>1,0%</b>	<b>1,0%</b>	<b>1,0%</b>	<b>1,0%</b>
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: SEBRAE/DIEESE (2015).

Além do crescimento em número de estabelecimentos, as MPEs contribuíram para o crescimento do número de empregos, como apresentado na Tabela 3. O crescimento médio do número de empregados nas MPEs foi de 5,7 % ao ano, considerando o crescimento do ano posterior comparado ao anterior.

Tabela 3 - Número de Empregos por Porte das Empresas.

Porte das Empresas	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
MPE	9.800.000	10.500.000	11.600.000	11.600.000	12.200.000	13.000.000	13.600.000	14.700.000	15.600.000	16.200.000	17.100.000
MGE	7.800.000	8.600.000	9.300.000	10.100.000	11.100.000	11.900.000	12.400.000	13.800.000	14.600.000	15.100.000	15.700.000
Total	17.600.000	19.100.000	20.900.000	21.700.000	23.300.000	24.900.000	26.000.000	28.500.000	30.200.000	31.300.000	32.800.000

Fonte: SEBRAE/DIEESE (2015).

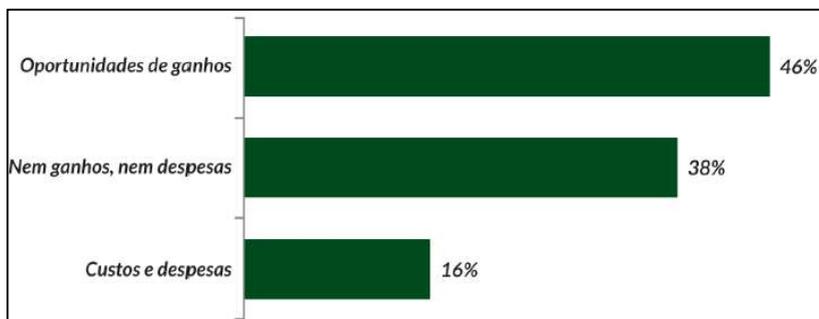
Assim, considerando a importância das MPEs para a economia brasileira, devido ao emprego de mão-de-obra formal e o seu expressivo número de estabelecimentos, é necessário que elas se adequem a demanda

ambiental devido à pressão da sociedade e estabelecimento de políticas ambientais pelo governo, no âmbito municipal, estadual ou federal.

Uma pesquisa do SEBRAE realizada em 2012, com 3.912 empresários de MPEs, destaca que a maioria destes entendem que sustentabilidade está simultaneamente associada a questões ambientais, sociais e econômicas.

No entanto, a mesma pesquisa aponta que 54% dos empresários não constatarem ganhos com a questão ambiental. O resultado da representatividade da questão ambiental para os empresários é apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Representação da Questão Ambiental para os Empresários de MPEs.



Fonte: SEBRAE (2012).

Apesar dos entrevistados não considerarem representativa a questão ambiental para suas empresas, a pesquisa do Sebrae (2012) indica que a maioria dos entrevistados adotam práticas ambientais, tais como: coleta seletiva (70,2%), controle do consumo de papel (72,4%), controle do consumo de água (80,6%), controle do consumo de energia (81,7%) e destinação adequada de resíduos tóxicos (65,6%). Além disso, 75,2% dos entrevistados acreditam que as empresas deveriam atribuir um alto grau de importância à questão ambiental.

Desta forma, é necessário evidenciar de forma clara e prática as oportunidades de ganhos para os empresários, uma vez que a sustentabilidade ainda é considerada um aumento de custo, e não uma oportunidade.

Além da falta de benefícios relatados pela maioria dos entrevistados, as MPEs brasileiras apresentam ainda outras dificuldades em aplicar a sustentabilidade, tais como: falta de informações sobre o tema, falta de sistemas de gestão adequados à realidade das MPEs, número reduzido de

funcionários e baixa qualificação dos mesmos (DEMAJOROVIC e SANTIAGO, 2011).

Acrescentam-se ainda, a falta de recursos financeiros, falta de conhecimento dos gerentes, falta de conhecimento técnico especializado, dificuldade de acesso a tecnologias (VASCONCELOS, 2012) complexidade do tema e a falta de capacidade dos gerentes se envolverem com questões que estão além do negócio principal da empresa (OTTE, 2013).

Assim, para que a sustentabilidade ambiental seja aplicada em uma MPE é necessário que existam ferramentas compatíveis as suas características e que permitam a medição tangível das transformações competitivas ao negócio.

Dificuldades semelhantes no âmbito internacional corroboram com o cenário brasileiro das MPEs, são estes: falta de recursos financeiros e falta de tempo (GONZALEZ-BENITO & GONZALEZ-BENITO, 2005), número reduzido de funcionários (REDMOND et al., 2008), falta de vontade e inabilidade dos proprietários-gerentes (CASSEL e LEWIS, 2011), falta de ferramentas personalizadas para a MPE (OROZCO et al., 2008) e falta de métodos para medir o impacto de qualquer alteração no desempenho dos negócios (CASSEL e LEWIS, 2011).

Cassel e Lewis (2011) ainda destacam que, devido à falta de evidências tangíveis, os empresários são impelidos a ignorar ou abandonar a sustentabilidade ambiental em favor de estratégias que afetam diretamente a sobrevivência das empresas.

Orozco et al. (2008) identifica os principais requisitos para uma ferramenta orientada a tornar uma MPE sustentável ambientalmente, são estes: ser simples, acessível, focada no cliente e ter um curto período de aplicação. Ademais, segundo SEBRAE (2012), o desenvolvimento e aplicação de ferramentas simplificadas e inteligentes convertem os investimentos iniciais em ganhos de eficiência e redução de desperdícios.

## 2.4 MANUFATURA ENXUTA (*LEAN MANUFACTURING*)

O surgimento desta filosofia teve início no Japão na década de 1940, através do Sistema Toyota de Produção, desenvolvido por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno que combinaram conhecimento e habilidade por meio da padronização, do trabalho em equipe e conceito de times de trabalho (JASTI e KODALI, 2014).

O termo *Lean Manufacturing* foi popularizado por meio do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” de Womack et al. (1990), e igualmente fundamental foi o desenvolvimento dos princípios *Lean* em 1996,

no Livro “*Lean Thinking: Eliminar Desperdício e Criar Riqueza*” (MELTON, 2005; SHAH e WARD, 2007; BERGMILLER, 2006).

O *Lean Manufacturing* pode ser definido como um processo de mudança dinâmico que utiliza métodos, conceitos, ferramentas, por meio de uma abordagem sistêmica visando o valor máximo para o cliente pela eliminação dos desperdícios no fluxo de produção, baseado na melhoria contínua (WOMACK et al., 1990; SHAH e WARD, 2003; LIKER, 2004).

#### 2.4.1 Desperdícios

Taichi Ohno identificou os principais tipos de desperdício de acordo com Womack et al. (1990), sendo eles apresentados a seguir:

1. Superprodução: produzir em quantidade acima do requisitado pelo cliente. Sendo considerado o mais crítico entre todos por esconder os problemas em produção e defeitos;

2. Espera: está relacionado a períodos de inatividade no processo posterior visto que a atividade anterior não foi finalizada;

3. Transporte: está relacionado à movimentação de produtos a distâncias acima do necessário;

4. Processamento extra: é o excesso de processamento em uma atividade;

5. Estoque: representa todo inventário que não é solicitado para atender a demanda do cliente;

6. Movimentações: está relacionado às perdas por movimentos desnecessários;

7. Defeitos: produtos que não atendem as especificações dos clientes, causando custos com retrabalho, descarte e insatisfação dos clientes.

Womack e Jones (1996) incluíram posteriormente um oitavo desperdício, classificando-o como:

8. Criatividade dos funcionários: corresponde à subutilização dos colaboradores, em particular suas ideias e sugestões criativas para melhorar os processos e práticas.

#### 2.4.2 Princípios do Pensamento Enxuto

Com a finalidade de expandir o conhecimento além da área industrial, Womack e Jones (1996) desenvolveram o pensamento enxuto (*Lean Thinking*), que é uma forma de especificar valor, alinhar as sequências que criam valor e realizar de modo mais eficaz. São estes:

- Especificar valor: definida segundo as perspectivas do cliente final e em termos de produtos específicos consiste em definir o que é valor para o cliente.

- Identificar o Fluxo de Valor: consiste em identificar o conjunto de ações específicas que geram valor ao produto ou família de produto;

- Criar Fluxos Contínuos: refere-se a concentrar esforços para que as etapas de produção tenham maior rendimento possível em termos de , tempo, consumo de matéria-prima, sem interrupções e esperas.

- Produção Puxada: com o fluxo contínuo os produtos não são mais empurrados para o cliente, mas sim o cliente demanda o que será produzido. Desta forma, minimiza-se os estoques intermediários e de produtos finais;

- Buscar a Perfeição: continuamente o processo deve ser melhorado, em que todos devam buscar o processo enxuto sempre. Segundo Manzan (2013), esta é à base do princípio da melhoria contínua, não só com o objetivo de diminuição de desperdícios internos como também visar à melhoria da qualidade dos produtos que chegam ao consumidor final.

## 2.5 MANUFATURA VERDE (*GREEN MANUFACTURING*)

Em decorrência de debates a respeito dos problemas ambientais globais, buscou-se por estratégias preventivas em oposto às técnicas de final de tubo (*end of pipe*), as quais focavam apenas no resíduo gerado sem possuir uma visão sistêmica, tornando-se assim apenas uma medida paliativa.

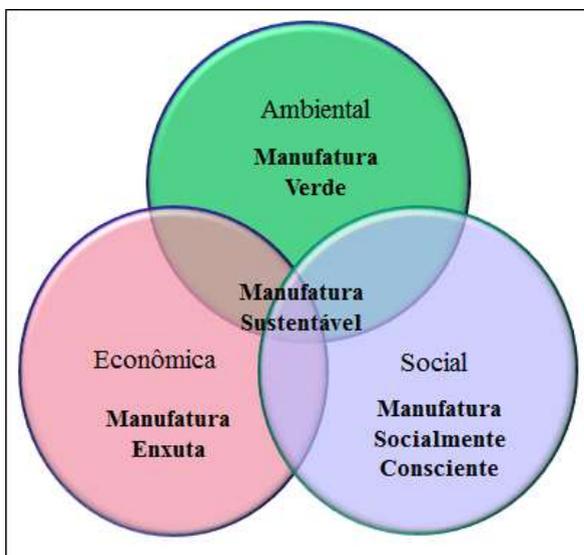
Desta forma, emergiu o conceito de prevenção da poluição, a qual é definida pela EPA (1992) como a redução ou eliminação de poluição na fonte geradora, através de práticas que aumentem a eficiência no uso de matérias-primas, energia, água, ou outros recursos, ou proteção dos recursos naturais.

Atendendo a esta transição, a manufatura verde é considerada uma forma de prevenção da poluição (MBOHWA, 2015). Assim, a manufatura verde é definida como uma abordagem que integra projeto de produto e processo com questões de manufatura, planejamento e controle para minimizar o impacto ambiental, sem afetar a lucratividade do negócio, reduzindo custos por meio da minimização dos desperdícios ambientais, recuperação de recursos e reciclagem (DEIF, 2011; MELNYK & SMITH, 1996 apud CHEN; XIANG, 2014; CHEN e XIANG, 2014).

Ademais, é importante destacar que a manufatura verde se concentra apenas na dimensão ambiental, diferenciando-se assim da manufatura sustentável que engloba as dimensões econômica, social e ambiental, ou seja, o tripé da sustentabilidade (DEIF, 2011; DIGALWAR et al. 2013; DUARTE e MACHADO, 2013; DORNFELD et al. 2013, BASHKITE e KARAULOVA, 2012; CHUANG e YANG, 2014; DORNFELD, 2014; PAMPANELLI et al., 2014; GARZA-REYES, 2015; HALLAM e CONTRERAS, 2016).

A Figura 4 representa a relação entre a Manufatura Enxuta, Manufatura Verde e Manufatura Socialmente Sustentável.

Figura 4 - Relação da Manufatura Verde, Manufatura Enxuta e Manufatura Socialmente Sustentável com Tripé da Sustentabilidade.



Fonte: Adaptado de Dornfeld et al. (2013).

Desperdício ambiental é definido como o impacto ambiental negativo decorrente do uso desnecessário ou em excesso de recursos consumidos ou produzidos por um processo que não compreende uma entrada para outro processo ou produto/ serviço (EPA, 2007; WILLS, 2009).

Os principais tipos de desperdícios ambientais são apresentados a seguir:

- Uso excessivo de energia, água e materiais, refere-se ao uso acima da quantidade necessária (BERGMILLER, 2006; HINES, 2009; EPA, 2007; BASHKITE, 2012);
- Resíduos sólidos: envolvem todos os resíduos gerados pelo processo como filtros, sobras, sucatas entre outros (BERGMILLER, 2006; HINES, 2009; EPA, 2007; BASHKITE, 2012);
- Materiais tóxicos e perigosos: são aqueles que afetam adversamente a saúde e o meio ambiente durante o seu uso na produção ou sua presença em produtos (BERGMILLER, 2006; EPA, 2007; BASHKITE, 2012);
- Emissões atmosféricas: abrange as emissões para o ar resultantes do processo de fabricação do produto como gases de efeito estufa, evaporação de produtos químicos, poeira e partículas (BERGMILLER, 2006; HINES, 2009; EPA, 2007; BASHKITE, 2012);
- Emissões líquidas: correspondem aos resíduos líquidos industriais, como águas residuais e águas usadas para lavagem (BERGMILLER, 2006; HINES, 2009; EPA, 2007; BASHKITE, 2012);

Por sua vez, Hines (2009) também inclui saúde e segurança precários. No entanto, isto não será considerado neste trabalho por representar um aspecto social da sustentabilidade.

Sendo assim, os desperdícios ambientais não agregam valor ao cliente e ainda representam em geral custos as empresas e a sociedade (EPA, 2007).

### 2.5.1 Práticas da Manufatura Verde

Para que as empresas consigam realizar mudanças é necessário aplicar práticas ambientais, as quais segundo Pampanelli (2013) podem ser generalizadas por quatro princípios fundamentais: identificação dos aspectos e impactos ambientais, mensuração do impacto ambiental e o uso dos recursos naturais, identificação de alternativas para a redução do impacto e produtividade dos recursos, e a realização da melhoria contínua.

A seguir são apresentadas as principais práticas:

- Produção mais limpa: foi definida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - UNEP em 1990, como uma aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada para processos, produtos e serviços que aumentem a eficiência e reduzam riscos aos seres humanos e ao meio-ambiente (UNEP, 2000; UNEP, 2015). A produção mais limpa

inclui a prevenção da poluição e, simultaneamente, buscam o melhor uso de matérias-primas, energia, água, e outros recursos consumidos (MARTIN e RIGOLA, 2001). Algumas opções de produção mais limpas são: otimização de processos, substituição de matéria-prima, adoção de novas tecnologias e mudanças no design do produto (UNEP, 2000).

▪ Ecoeficiência: foi introduzida em 1992 pelo Conselho Mundial Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD), sendo definida como o uso reduzido de recursos e/ou geração de resíduos e de emissões por unidade de produção (WBCSD, 2000). A ecoeficiência é expressa por meio da equação 2.1:

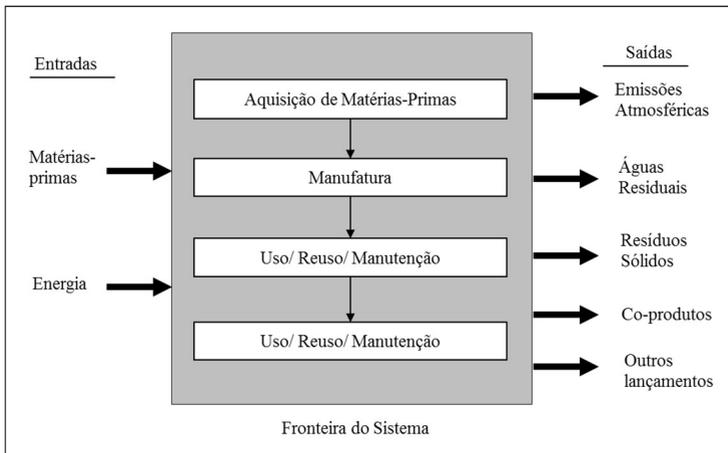
$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\text{valor do produto ou serviço}}{\text{impacto ambiental}} \quad (2.1)$$

Segundo a WCDS (2000) existem inúmeras maneiras pelas quais a ecoeficiência pode ser calculada utilizando esta equação. Porém, são as empresas que devem escolher índices que melhor servem ao seu processo e tomada de decisão.

O WBCSD (2000) também classificou sete fatores críticos para garantir o sucesso da ecoeficiência, são estes: reduzir a demanda de materiais por unidade de bem ou serviço, reduzir a demanda de energia, reduzir a dispersão de tóxicos, aumentar a reciclabilidade de materiais, maximizar o uso sustentável de recursos renováveis, aumentar a durabilidade dos produtos, e agregar valor aos bens e serviços.

▪ Análise do Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment - LCA): é uma técnica para avaliar os aspectos e impactos ambientais associados ao longo da vida de um produto, processo ou serviço, desde a extração da matéria-prima, manufatura, transporte, distribuição, uso, reuso, manutenção, reciclagem até sua disposição final (GUINEÉ, 1993; EPA, 1993). A Figura 5 ilustra os possíveis estágios do ciclo de vida e entradas/saídas que podem ser consideradas em uma LCA.

Figura 5 - Estágio do Ciclo de Vida de uma LCA.



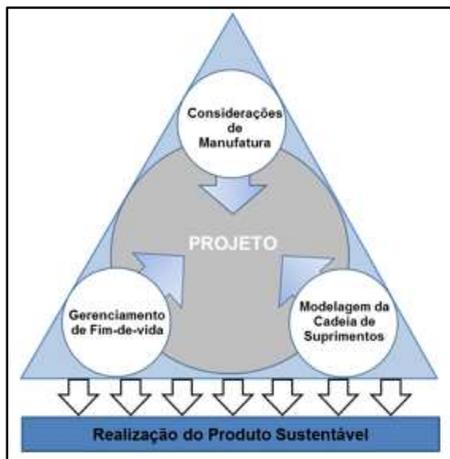
Fonte: Traduzido de EPA (1993).

Logo, a LCA permite identificar quais atividades, processos, materiais estão causando grandes impactos ambientais e possibilitando melhorias (PAMPANELLI, 2013), auxiliando na tomada de decisão entre alternativas de produtos e processos.

▪ **Projeto para o Meio Ambiente (*Design for Environment – DFE*):** abrange qualquer atividade de projeto que vise melhorar o desempenho ambiental de um produto, sem comprometer outros critérios como funcionalidade, qualidade, custo e aparência (HAUSCHILD et al., 2004).

A Figura 6 ilustra as condições necessárias durante o processo para alcançar o desenvolvimento de produtos sustentáveis, tendo uma visão holística já na concepção do projeto de acordo com Ramani (2010).

Figura 6 – Visão Holística para a Concepção de Produtos Sustentáveis.



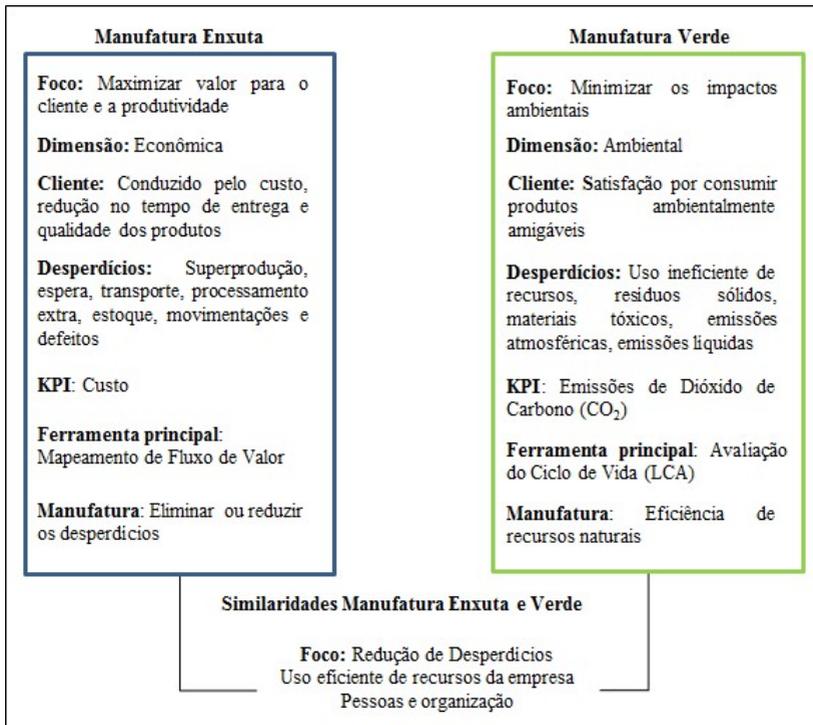
Fonte: Traduzido de RAMANI (2010).

Lagerstedt apud HAUSCHILD et al. (2004) sugere alguns itens a considerar no DFE, tais como: não utilizar substâncias tóxicas, minimizar o consumo de energia e material na produção, transporte e fase de uso, usar materiais de alta qualidade a fim de minimizar o peso, promover a modernização, reparação e reciclagem, além de usar o mínimo de elementos de união.

## 2.6 INTEGRAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA E MANUFATURA VERDE

A manufatura enxuta e a manufatura verde possuem diferentes objetivos e práticas, no entanto possuem similaridades que permitem sua integração como: a redução de desperdícios, o uso eficiente de recursos da empresa e o envolvimento das pessoas e da organização. As principais características destas abordagens e suas similaridades são apresentadas na Figura 7.

Figura 7 - Aspectos Comparativos entre a Manufatura Enxuta e Manufatura Verde.



Fonte: Adaptado de Dues et al. (2013).

Apesar da redução de desperdício consistir na semelhança entre as abordagens, o objetivo *Lean* está centrado em processos com significância financeira e não ambiental, segundo Greinacher et al. (2015). De acordo com Pampanelli (2014) as práticas verdes não são priorizadas por muitas empresas devido à falta de conhecimento sobre esta, poucos regulamentos e práticas para aplicação. Assim, é essencial integrar ambas as estratégias e aplicá-las simultaneamente para explorar o efeito sinérgico.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2007) estabelece uma sinergia entre desperdícios *Lean* e os impactos ambientais, assim possibilitando associar possíveis desperdícios verdes presente nos desperdícios enxutos conforme Figura 8.

Figura 8 - Relação dos Desperdícios Verdes ao Enxutos.

Superprodução	Uso extra de energia e água	Uso extra de matéria-prima, materiais tóxicos e perigosos	Resíduos sólidos	Emissões para o ar e água
Espera	Uso extra de energia e água	Uso extra de matéria-prima, materiais tóxicos e perigosos		
Transporte Desnecessário	Uso extra de energia e água	Resíduos sólidos	Emissões para o ar e água	
Processamento Desnecessário	Uso extra de energia e água	Uso extra de matéria-prima, materiais tóxicos e perigosos	Resíduos sólidos	Emissões para o ar e água
Estoque Desnecessário	Uso extra de energia e água	Uso extra de matéria-prima, materiais tóxicos e perigosos	Resíduos sólidos	
Movimento Desnecessário	Uso extra de energia e água	Uso extra de matéria-prima, materiais tóxicos e perigosos	Resíduos sólidos	
Defeitos	Uso extra de energia e água	Uso extra de matéria-prima, materiais tóxicos e perigosos	Resíduos sólidos	

Fonte: Traduzido e Adaptado de EPA (2007) e Verrier (2016).

Apesar da existência de estudos sobre *Lean* e *Green Manufacturing*, ainda não há um consenso entre os pesquisadores a respeito da integração entre as mesmas, sendo considerado um campo de pesquisa relativamente novo e emergente (GARZA-REYES, 2015).

Esta falta de consenso ocorre devido à dificuldade de identificação de ferramentas e orientações detalhadas para esta integração (DOMINGO e AGUADO et al., 2015). Por isso, é necessário que sejam desenvolvidos métodos de integração detalhados e principalmente que atendam as especificidades no caso de MPEs.

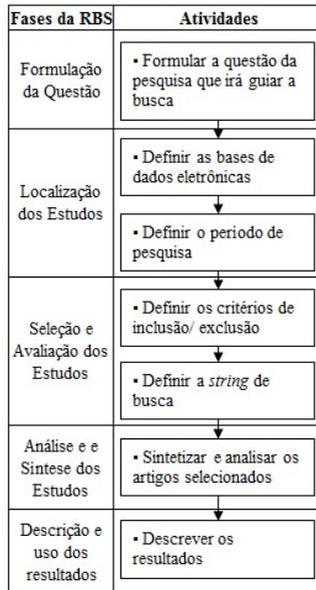
## 2.7 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA – MÉTODOS DE INTEGRAÇÃO ENXUTA E VERDE

Com a finalidade de identificar os estudos que propõe métodos, ferramentas ou metodologias para a integração da manufatura enxuta e

verde direcionados a micro e pequenas empresas, utilizou-se a revisão bibliográfica sistemática (RBS). A RBS um método explícito, sistematizado e replicável de busca, apreciação crítica e síntese, a fim de gerenciar a diversidade de conhecimento para uma investigação acadêmica específica (TRANFIELD et al, 2003; SAMPAIO & MANCINI, 2007).

Tranfield e Denyer (2009) consideram cinco fases consecutivas para a realização da RBS, são estas: formulação da questão de pesquisa, localização dos estudos, seleção e avaliação dos estudos, análise e síntese das pesquisas, e descrição e uso dos resultados. As atividades a serem realizadas em cada uma das fases foram detalhadas por Garza-Reyes (2015), sendo adaptadas para este trabalho como apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Descrição das Etapas da Revisão Bibliográfica Sistemática.



Fonte: Adaptado de Garza-Reyes (2015).

### 2.7.1 Formulação da Questão de Pesquisa

Com o propósito de facilitar o objetivo da pesquisa, foi formulada a questão de pesquisa, sendo esta:

Quais as lacunas existentes nos métodos, abordagens, ferramentas ou metodologias que integram manufatura enxuta e verde para micro e pequenas empresas?

### 2.7.2 Localização dos Estudos

Nesta fase foi realizada a definição das bases de dados a serem utilizadas, as quais foram:

- Scopus: base que indexa títulos acadêmicos revisados, anais de conferências, publicações comerciais, séries de livros, páginas *web* de conteúdo científico (reunidos no Scirus) e patentes de escritório (CAPES, 2016);
- *Science Direct*: base que contém cerca de 1.800 periódicos em texto completo publicados pela Elsevier em todas as áreas do conhecimento, mas com foco nas áreas de ciências, tecnologia e medicina (CAPES, 2016).
- *Web of Science*: base multidisciplinar que abrange aproximadamente 12.000 periódicos (CAPES, 2016).
- *Compendex Engineering Index (Engineering Village)*: publica acima de 10 milhões de registros e referências de mais de 5.600 periódicos e anais de conferências das áreas de Engenharia, Energia, Ciência da Computação, Robótica e Controle (CAPES, 2016).

Quanto ao período de pesquisa foi admitida a opção todos os anos, o qual varia a data inicial para cada base, Scopus (1823), *Engineering Village* (1969), *Science Direct* (1823), *Web of Science* (1945) até o ano presente (2016).

### 2.7.3 Seleção e Avaliação dos Resultados

Foram realizadas duas atividades pertinentes a esta fase, iniciada com a definição dos critérios, são estes:

- Inclusão: Foram definidos para a seleção apenas artigos de *journals* e artigos de conferência, os quais deveriam conter no título, palavras-chaves, resumo e ao longo do corpo do texto os termos descritos na *string* de busca.
- Exclusão: Foram considerados os seguintes critérios para os artigos serem excluídos: (a) não incluíam ambos os termos relacionados *Lean & Green*, e/ ou apenas apresentam uma relação entre os dois, (b) distintos a MPE, (c) não se referiam à manufatura, (d) não se referiam a área de processo ou produção, (e) apresentavam revisões de literatura, (f)

consideravam o aspecto social da sustentabilidade, (g) se referiam ao lugar em que o *Lean* tinha sido aplicado, quando usado o termo “*Environment Lean*”, e (h) sustentabilidade de *Lean*, no sentido de continuidade.

Outra atividade relacionada a esta fase foi a definição da *string* de busca definida como:

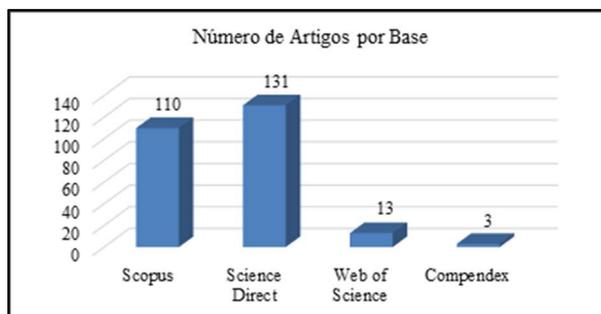
*(“lean AND green” OR “lean green” OR “environmental lean” OR “environment lean” OR “lean eco-efficiency” OR “lean eco-sustainability”)* AND *(“manuf\*” OR “process” OR “prod\*” OR “industry” OR “factor\*”)* AND *(“micro AND small enterp\*” OR “m-sme” OR “small AND medium enterp\*” OR “sme” OR “micro AND small business” OR “smb” OR “micro companie”).*

#### 2.7.4 Análise e Síntese dos Resultados

Os resultados da busca nas bases de dados utilizando a *string* definida no item anterior, foram agrupados com o auxílio do *software* EndNote X7, totalizando 257 artigos. A distribuição de artigos por base é representada na Figura 10.

Devido à busca ser feita em diferentes bases, alguns estudos podem se apresentar em mais de uma base. Portanto, realizou-se a exclusão dos dados duplicados por meio do *software* e checagem manual, resultando em 208 artigos.

Figura 10 - Distribuição dos Artigos Encontrados por Base.



Fonte: Da autora.

Sintetizado os artigos, a análise foi realizada por meio da leitura do título, palavras-chaves e resumo mediante os critérios de inclusão e exclusão. Assim, dois artigos dos 208 atendiam aos requisitos para leitura

completa, destacando-se ainda que esta revisão foi feita no mínimo quatro vezes para evitar que artigos tenham sido excluídos erroneamente.

Utilizando o recurso *Find Full Text* do *software*, foi encontrado apenas um artigo para *download*. Neste caso, fez-se uma nova busca no Google®, obtendo-se o segundo artigo.

A análise integral foi possível apenas para o artigo desenvolvido por Miller et al. (2010), pois, no segundo artigo, apenas o resumo estava em inglês. A autora se limitou a não realizar a tradução do segundo artigo, originário da Malásia, com o propósito de evitar qualquer entendimento errôneo gerado por tradução. Ademais, este artigo apresenta pouca representatividade, pois não foi houve citação deste segundo a base de dados do Scopus e Google Scholar. Assim, apenas um artigo compõe o portfólio bibliográfico apresentado no Apêndice A.

### 2.7.5 Descrição e Uso dos Resultados

Apresenta-se a seguir as principais características do artigo resultante.

Miller et al. (2010) apresentam como as estratégias de manufatura *Lean & Green* aplicadas simultaneamente reduzem o desperdício e aumentam a rentabilidade. Destacando as ferramentas utilizadas em uma empresa de pequeno porte de produção móveis, sendo uma delas o Mapeamento de Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* - VSM) combinado com a simulação de eventos discretos (*Discrete Event Simulation* - DES) para análise da implementação de uma célula visando evitar a produção e o consumo de energia desnecessária. Outra ferramenta adotada foi a realização de um evento *Kaizen* para verificar a destinação dos resíduos sólidos, resultando no desenvolvimento de um programa de reciclagem que reduziu a quantidade de materiais para disposição em aterros e custos salvos com o emprego desta. Além destas, destacaram o emprego da programação matemática para redução do número de fornecedores visando à redução de custos e menos impacto ambiental associado ao transporte.

Devido ao número reduzido de artigos alinhado ao tema *Lean-Green* em MPE, verificou-se a necessidade de ampliação da *string* com o intuito de identificar e avaliar se os métodos existentes poderiam ser aplicados em MPEs. Assim, refez-se a etapa de Seleção e Avaliação de Resultados.

### 2.7.6 Seleção e Avaliação dos Resultados 2

As atividades definição de critérios de exclusão e *string* foram reestruturadas com o intuito de identificar artigos que desenvolvem métodos, ferramentas ou metodologias integradas de *Lean* e *Green* na manufatura para qualquer porte de empresa. Assim, o critério de inclusão permanece o mesmo:

- Inclusão: seleção definida apenas para artigos de *journals* e artigos de conferência, os quais deveriam conter no título, palavras-chaves, resumo e ao longo do corpo do texto os termos descritos na *string* de busca.

Na atividade de exclusão foi retirado o critério que excluía artigos distintos de MPE, resultando assim apenas sete itens.

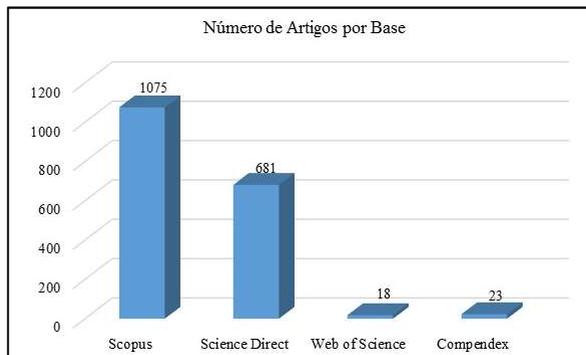
- Exclusão: (a) não incluir ambos os termos relacionados *Lean-Green*, e/ ou apenas apresentam uma relação entre os dois, (b) não se referiam à manufatura, (c) não se referiam a área de processo ou produção, (d) apresentavam revisões de literatura, (e) consideravam o aspecto social da sustentabilidade, (f) se referiam ao lugar em que o *Lean* tinha sido aplicado, quando usado o termo “*Environment Lean*”, e (g) sustentabilidade de *Lean*, no sentido de continuidade.

Quanto a reestruturação da *string*, utilizou-se a estrutura já definida no item 2.7.3, eliminando os termos que se referiam à MPE, resultando assim em: (“*lean AND green*” OR “*lean green*” OR “*environmental lean*” OR “*environment lean*” OR “*lean eco-efficiency*” OR “*lean eco-sustainability*”) AND (“*manuf\**” OR “*process*” OR “*prod\**” OR “*industry*” OR “*factor\**”).

### 2.7.7 Seleção e Avaliação dos Resultados 2

Considerando a nova *string* foi realizada uma nova busca nas bases de dados, sendo os resultados agrupados com o auxílio do *software* EndNote X7, totalizando 1797 artigos. A distribuição de artigos por base é representada na Figura 11.

Figura 11 - Distribuição dos Artigos Encontrados por Base - *String 2*.



Fonte: Da autora.

Foi realizada a exclusão dos itens duplicados, resultando assim 1604 artigos. A partir destes foi realizada a análise por meio da leitura do título, palavras-chaves e resumo mediante os critérios de inclusão e exclusão.

Assim, 43 artigos atendiam aos requisitos para leitura completa. Destes artigos foram verificadas a disponibilidade para *download* por meio do *software* EndNote X7, resultando em 15 artigos. Para os 28 artigos não encontrados, realizou-se uma busca no Google®, resultando 18 disponíveis. Logo, resultaram 33 artigos disponíveis e 10 não disponíveis.

Realizando-se a leitura completa dos 33 artigos, apenas 21 encontravam-se alinhado a métodos, ferramentas ou metodologias que integram *Lean & Green* na manufatura.

A Figura 12 apresenta os anos de publicação dos artigos que compõe o portfólio bibliográfico.

Figura 12 - Distribuição de Artigos por Ano – *String 2*.

Fonte: Da autora.

O portfólio bibliográfico com os 21 artigos é apresentado no Apêndice A.

### 2.7.8 Descrição e Uso dos Resultados 2

As principais informações relacionadas aos 21 artigos, resultantes da *string 2*, são apresentados nesta seção. Os artigos são apresentados por ordem crescente de ano.

Whitman et al. (2006) propuseram um método para calcular o índice ambiental, utilizando o método já referenciado denominado Método de Priorização de Fluxo de Resíduos (WSPM) para incorporação posterior em um VSM visando eliminar os desperdícios tradicionais *Lean*, bem como o desperdício ambiental. No entanto, este método é específico para materiais tóxicos, consistindo na identificação das substâncias poluentes, determinação do peso em quilogramas e a taxa de classificação do teor de perigo cada poluente. Os autores aplicaram este método para o processo de forjamento devido a substâncias tóxicas emitidas, e para determinar a taxa de classificação de cada poluente os autores utilizaram dados de referência de LCA (*Life Cycle Assessment*) do *software* SimaPro®.

Xinyu e Jian (2009) desenvolveram a estrutura geral de análise de fluxo de material (MFA) empresarial integrado ao VSM, visando o mo-

nitoramento de custo e problemas de poluição. Assim, a cada etapa mapeada no VSM é realizada a análise física de entrada-saída para obter taxa de utilização de material. Esta taxa de utilização é obtida pela relação do peso do produto semiacabado ou acabado e o consumo físico de cada processo. Assim, quando a taxa de utilização é baixa, deve-se priorizar o processo. Os autores também apresentam uma medição dos impactos das famílias de produtos específicos no ambiente de tempo e espaço, pela razão do tempo de valor agregado e o tempo de produção.

Torielli et al. (2010) desenvolveram uma estrutura direcionada para a indústria de fundição a fim de reduzir custo e o impacto ambiental. A estrutura é representada por uma casa, a qual tem como base a filosofia organizacional, em que o envolvimento em todos os níveis de colaboradores é crucial. Os pilares de sustentação são representados por: melhoria dos recursos que consiste no uso eficiente de recursos por meio da eliminação de *scrap* e atividades que não agregam valor, eficiência de energia que se refere à melhoria e controle do consumo desta, tecnologias inovadoras que avalia a necessidade de implantação de tecnologias para garantir as melhorias e por último, parcerias com a comunidade que visa estabelecer liderança quanto aos esforços ambientais incluindo desde a comunidade adjacente bem como agências regulamentadoras ou outras empresas. Os autores também estabeleceram ferramentas e técnicas para auxiliar a implementação de cada etapa como: Mapeamento de Fluxo de Valor Verde (GVSM), 5S (Senso de Utilização, Senso de Organização, Senso de Limpeza, Senso de Padronização e Saúde e Senso de Autodisciplina) + Segurança, Melhoria de Processo com Estatística, 7R (Reduzir, Reciclar, Reutilizar, Remover, Renovar, Receita e Repensar) e Sistema de Gerenciamento de Operações. Os últimos 2R significam respectivamente se o material pode ser vendido gerando receita, e investigar possíveis utilizações para os seus resíduos através da leitura.

Puvanasvaran et al. (2011) desenvolveram uma abordagem integrativa de *Lean* e o sistema de gerenciamento ambiental (EMS). Esta abordagem consiste em listar as funções das áreas na empresa que tem maior impacto ambiental, estabelecer uma base forte na visão, e estabelecer um plano estratégico que se baseia no envolvimento dos trabalhadores, capacitação, trabalho de racionalização, processos, redesenho dos produtos, otimização da utilização de recursos, eliminação dos riscos, expansão para novos mercados e práticas de gerenciamento de resíduos.

A abordagem apresentada pelos autores está concentrada no desenvolvimento da cultura organizacional, não especificando os tipos de desperdícios e técnicas para a operacionalização do *Lean-Green*.

Romvall et al. (2011) desenvolveram e aplicaram uma ferramenta chamada Mapa de Desempenho Verde (GMP). Esta consiste em um mapa dividido em quatro categorias de entrada: consumo de energia, material que agrega valor, material que não agrega valor e consumo de água, e quatro categorias de saída: emissões (atmosféricas/ ruído), resultado produtivo, resultado não produtivo e emissões (solo/ água).

Além disso, os autores definiram três etapas para aplicação desta, iniciando com o mapeamento do processo por meio do mapa, que consiste em associar os aspectos ambientais as categorias citadas, bem como quantidades, e o custo relacionado sempre que possível. A segunda etapa análise dos dados e priorização consiste em analisar e classificar os aspectos ambientais de acordo com impacto ocasionado, verde significa nenhum impacto ou impacto positivo, amarelo impacto intermediário e vermelho indica significativo impacto. Esta classificação pode ser realizada segundo critérios como: abrangência, custos, recursos disponíveis, etc. A última etapa, plano de ações consiste em definir atividades e responsáveis para melhorar cada aspecto ambiental priorizado.

Vinodh et al. (2011) propõem uma abordagem composta por estratégias e técnicas que integram os princípios de sustentabilidade com técnicas enxutas. Como forma de identificar os desperdícios utilizaram o VMS integrado com métricas ambientais, que podem ser: sucata, uso de materiais, uso de materiais perigosos, consumo de água, consumo de energia, emissões atmosféricas, resíduos sólidos e poluentes da água. No entanto, não é apresentado referências para medição de cada uma destas. Apresentam também um método para priorização dos desperdícios denominado matriz eco-funcional (*eco-function matrix*), a qual utiliza a estrutura do desdobramento da qualidade (QFD) e lógica *fuzzy*. Ademais, eventos *Kaizen* são realizados para reduzir os desperdícios no estado do futuro, bem como o *checklist* 7S (5S + segurança e sustentabilidade).

Puvanasvaran et al. (2012) desenvolveram uma ferramenta conceitual associando os princípios *Lean* ao ciclo PDCA para implementação do sistema de gestão ambiental da norma ISO 1400, visando a melhoria da qualidade e a eliminação de resíduos ao implementar a norma.

Aguado *et al.* (2013) desenvolveram um modelo e aplicaram em uma pequena empresa de conformação de tubos. O modelo se baseia primeiramente no estabelecimento da visão da empresa considerando os seguintes critérios: meio ambiente, sociedade, desenvolvimento econômico e organismo público. Estes critérios são classificados em sete aspectos mensuráveis: organização, satisfação dos clientes, gestão da informação, manutenção, produção, relação externa e cultura, medidos conforme valor avaliado pelo cliente.

Após criação da visão, desenvolve-se o mapeamento de fluxo de valor estendido integrado ao aspecto ambiental, identificando-se para cada processo os seguintes dados: espaço, o número de trabalhadores, horário de trabalho, número de turnos, pausas, paradas, tempo de ciclo, tempo de processo, produção, tamanho do lote, sucata, retrabalho, peças boas, tempo de ciclo ideal, tempo de preparação, horário programado e impacto ambiental. A mensuração do impacto ambiental é realizada com o auxílio do software para avaliação do ciclo de vida, SimaPro®, utilizando o banco de dados Ecoinvent para avaliar os impactos com os métodos *Cumulative Energy Demand* (CED) e Eco-Indicator 99.

Diaz-Elsayed et al. (2013) desenvolveram uma metodologia de simulação e otimização para avaliar a eficácia da abordagem *Lean-Green* antes de ser implementada no chão de fábrica, aplicada em uma empresa que fabrica peças para *powertrain* (mecanismo que transmite a movimentação do motor a seu eixo).

Esta metodologia consiste em três etapas: o modelamento do estado atual, que consiste na obtenção dos dados para cada variante do produto fabricado, os quais serão utilizados no software de simulação Plant Simulation1® V9, que podem ser dados de fábrica e operacionais, energia, necessidades de recursos e envolvimento dos funcionários. A segunda etapa corresponde à otimização do sistema utilizando estratégias *Lean & Green* selecionadas por meio de *benchmarking* ou consultoria de especialistas, sendo estas modeladas por parâmetros ou mudanças estruturais no *software* de otimização optiSLang1. Nesta etapa os autores apresentam tabelas de estratégias, impactos das estratégias e tipo de parâmetros para mudanças na simulação tanto para o processo quanto para máquinas. Apresenta também uma função para cálculo dos custos globais de produção, bem como uma função para simulação das receitas e lucro, gerados pela implementação de *Lean & Green manufacturing*. A última etapa corresponde à avaliação econômica e plano de implementação, em que são calculadas as receitas geradas pela implementação da combinação das estratégias *Lean & Green*, e é elaborado o plano de implementação a fim de garantir a execução dos resultados simulados.

Fercoq et al. (2013) formulam um programa combinando *Lean & Green* para minimização de resíduos, o qual é estruturado em três níveis: o primeiro denominado processo de melhoria integrado, corresponde às fases para a implantação do programa, sendo estas a definição da estratégia, identificação das fontes de desperdício, medição, análise dos desperdícios, melhoria dos processos de desperdícios, implementação de novos processos e controle.

A segunda fase, matriz estratégica, consiste em definir os objetivos estratégicos para prosseguir no âmbito da sua estratégia ambiental, que podem ser ecoeficiência, coparceria, ecoresponsabilidade e ecomparatilhamento. Além disso, também especificam as ferramentas para utilização em cada uma das fases que compõe o processo de melhoria integrada.

- Identificar a fonte de resíduos: diagrama Input (matéria-prima) / Output (resíduos), 5 Porquês e 2 Como (5W2H) e Diagrama de Pareto;

- Medir os desperdícios: representação IDEF0, Fluxo Físico/ Fluxo de Resíduos Sólidos, Mapeamento de Processo e Gráfico de Espaço-tempos;

- Analisar os desperdícios: Reduzir, Reusar e Recuperar, Diagrama de Ishikawa, Análise da Causa Raiz, e a Avaliação da Capacidade do Processo (Cp/ Cpk);

- Melhorar o processo de desperdícios: Reduzir, Reusar e Recuperar, 5S, Gerenciamento Visual, Método a Prova de Falhas (Poka-Yokê), Trabalho Padronizado, Projeto de Experimentos (DOE – *Design of Experiments*), Controle Estatístico de Processo (SPC), Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA), e Análise de Efeito Variável.

O último nível ferramenta tática consiste na ferramenta para alcançar os objetivos especificados, o Método 3R Avançado (Reduzir, Reusar e Recuperar) focado nas despesas mínimas para o máximo de lucro considerando ações internas e externas.

Pampanelli et al. (2014) desenvolveram um modelo exclusivo para células de manufatura, estabelecendo pré-requisitos para que a célula seja candidata à implantação do modelo: processo estável com registros de entrega acima de 90%, nível de implantação maduro na utilização e aplicação de ferramentas *Lean*, sistema de envolvimento dos operadores, equipe de gestão de suporte patrocinando a iniciativa *Lean e Green*, bom nível de consciência ambiental e significativo uso de recursos naturais.

Este modelo consiste em cinco passos, o primeiro destes é denominado estabilizar o fluxo de valor, consiste em identificar uma célula operacional que necessite de melhoria. O segundo identificar os aspectos e impactos ambientais (E), refere-se a definir o escopo de melhoria do processo e identificar os aspectos e impactos ambientais da célula. No terceiro passo mensura-se o fluxo de valor ambiental (EVS), consistindo em identificar e coletar os dados para medir os fluxos ambientais, tais como: energia, água, resíduos metálicos, resíduos contaminados e outros resíduos, óleos e produtos químicos, e efluentes. Além disso, organiza-se o evento *Kaizen*.

O quarto passo consiste em melhorar o fluxo de valor, visando identificar oportunidades de eliminação de resíduos durante um *workshop*

*Kaizen*, analisando o resíduo principal em cada fluxo. E o último passo corresponde à melhoria contínua, consistindo em desenvolver planos de ação e comunicação no evento *Kaizen*.

Puvanasvaran et al. (2014) apresentam um modelo denominado Sistema Integrado de Gerenciamento *Lean-Ambiental* (LEMIS). Este modelo propõe que a implementação da norma ISO 14001 seja pensada como um produto/serviço a ser produzida obedecendo aos cinco princípios *Lean*, visando à eliminação de desperdícios na sua implementação.

Os autores identificaram 42 sub-requisitos apresentados pela norma ISO 14001 e 9 elementos principais *Lean* decorrente da literatura, associando cada um destes. Esta integração por meio das associações permite especificar medidas de desempenho que podem ser acompanhadas utilizando as questões 5W1H (*Who, What, Where, When, Why, How*). Além disso, os autores também apresentaram os fatores críticos de sucesso para a implementação do modelo, são eles: compromisso da gestão, comunicação, treinamento, trabalho em equipe, compromisso com a qualidade, bem-estar e envolvimento dos trabalhadores.

Verrier et al. (2014) desenvolveram e aplicaram em um consórcio industrial, um quadro para o gerenciamento *Lean & Green* visando a avaliação comparativa das práticas adotadas independentes da sua atividade ou localização.

Este quadro compreende três questionários: (a) o primeiro avalia a compreensão do nível de “Consciência Verde” de cada empresa; (b) o segundo investiga qualitativamente como as empresas monitoram seus resíduos, energia, matéria-prima, consumo de água e outros, a fim de compreender como eles se inserem na filosofia *Lean*, em primeira instância, e na filosofia *Green*, em segunda instância; (c) o último questionário trata da avaliação quantitativa de indicadores *Green* como: resíduos, consumo de energia, consumo de água, consumo de gás natural, consumo de outros gases, consumo de combustível para sistemas de aquecimento, consumo de combustível para veículos e consumo de combustível para maquinários, bem como os seus índices de produção, a fim de em seguida, ser capaz de compará-los com os seus resultados “*Green*”.

Domingo e Aguado (2015) desenvolveram e aplicaram em uma empresa fabricante de tubo uma nova métrica chamada de Eficiência Geral e Ambiental do Equipamento (OEEE) para mensurar o impacto ambiental antes e após a implementação de *Lean & Green Manufacturing*. Esta métrica consiste no cálculo de Eficiência Global do Equipamento (OEE) adicionada a um novo fator denominado sustentabilidade, o qual representa a eficiência ambiental da estação de trabalho. O termo sustentabilidade é obtido por meio do cálculo do impacto ambiental de cada etapa do

processo utilizando os métodos de Avaliação de Ciclo de Vida (LCA), neste caso o Ecoindicator-99 do *software* SimaPro considerando a totalidade da LCA. Além disso, os autores estabelecem faixas de classificação para avaliar o OEEE como ruim, aceitável, bom e excelente.

Fischer et al. (2015) desenvolveram uma metodologia com etapas para seleção de critérios para melhoria da eficiência energética baseada na preferência do usuário e quantitativamente no fluxo de energia estendido, realizando a aplicação na montagem dos vagões de trem de uma planta ferroviária da Siemens. Esta abordagem consiste em sete etapas:

1. Estruturação e Pré-ponderação de Elementos de Solução: consiste na especificação das propriedades usadas para processo de seleção, juntamente com seus possíveis valores.

2. Modelamento hierárquico dos dados de fábrica: proporciona uma estrutura de dados comum para derivar a estrutura da classe de energia prolongada que descreve principalmente os elementos físicos da fábrica e as suas relações.

3. Mapeamento do Fluxo de Energia Estendido: consistem no mapeamento do consumo e custo de energia total da fábrica, incluindo todos os tipos de sistemas periféricos para o fluxo de valor ou até mesmo processos individuais.

4. Derivando Energia e Condutores de Custos: consiste em detalhar e quantificar os condutores de energia e custo por área contida no Mapeamento de Fluxo de Energia Estendido.

5. Ponderação do Projeto de Parâmetros: consiste no estabelecimento de um conjunto aplicado para atingir determinados objetivos.

6. Ponderação dos Elementos de Seleção: consiste em verificar se os elementos de solução possuem impacto nos projetos de parâmetros.

7. Seleção Final dos Elementos de Solução: refere-se à classificação dos elementos de solução que possuem alto impacto nos parâmetros de projetos.

Greinacher et al. (2015) desenvolveram uma abordagem baseada em simulação a fim de avaliar economicamente indicadores verdes, sendo aplicada em uma companhia de processamento de metal. Os indicadores são especificados como: consumo de material, consumo de energia e emissões de gás de efeito estufa.

A abordagem tem como fases: seleção e especificação do objeto de investigação, integração do consumo de energia e material na simulação, e avaliação de produto específico *Lean & Green* do sistema de manufatura. Os autores também definem fórmulas matemáticas para quantificar avaliação da eficiência de material, eficiência de energia e consumo elé-

trico. Nesta abordagem é utilizado o software *Plant Simulation* da Siemens para simular o processo de fabricação no qual os módulos de simulação podem inserir diferentes estados operacionais e para cada estado operacional as taxas de entrada e de saída específicas do tipo de produto são definidos por cada fonte de energia.

Kurdve et al. (2015) desenvolveram o mapeamento de fluxo de resíduos (WFM), a fim de melhorar a gestão de operações e a gestão ambiental a nível operacional, focando na gestão de resíduos, e foi aplicado em um grupo de indústrias. Para a aplicação deste mapeamento são necessárias sete etapas:

1. Geração do mapa e identificação de frações de resíduos: refere-se a mapear os pontos de geração de resíduos, incluindo dados sobre o número e tipo de caixas, frações de resíduos, tempo de homem para manter escaninhos, custo de propriedade/aluguel e ineficiências na operação principal devido ao tratamento de resíduos.

2. Mapeamento da logística interna: refere-se a mapear operações de movimentações do material que ocorrem dentro da empresa, no qual se devem obter dados sobre o tempo de mão-de-obra e os custos de movimentação.

3. Mapeamento dos pontos de coleta: consiste em mapear os layouts de recipientes e equipamentos para a separação, triagem e armazenamento, incluindo manutenção e custo de propriedade/aluguel.

4. Dados e análise do transporte externo: refere-se a mapear os tipos e custo de transporte externo de cada segmento de material.

5. Dados e análise do tratamento final: consiste em mapear o tratamento final por tipo de descarte ou código de reciclagem, o custo e a localização.

6. Identificação das melhores práticas para cada segmento e sub-processo.

7. Análise das prioridades para a realização das melhorias.

Mostafa e Dumrak (2015) propuseram uma ferramenta para eliminação dos tradicionais desperdícios enxutos: superprodução, espera, transporte desnecessário, tratamento incorreto, excesso de inventário, movimento desnecessário, defeitos, desperdício da criatividade dos funcionários, incluindo o desperdício ambiental. A ferramenta proposta consiste em três fases:

1. Documentação dos Desperdícios: a qual possui três atividades relacionadas, primeiro mapear o fluxo de valor, segundo compreender e identificar os tipos de desperdícios e por último identificar os locais dos desperdícios no fluxo de valor, podendo ser utilizados o Tradicional VSM ou o Dinâmico VSM, que se refere à utilização de ferramentas dinâmicas,

como identificação por rádio frequência (RFID) que realiza o monitoramento em tempo real ou utilização de ferramentas para simulação como DES.

2. Análise dos Desperdícios: possui apenas uma atividade relacionada à análise da causa raiz dos desperdícios, podendo ser utilizadas as técnicas de *brainstorming* ou alternativamente o diagrama de Ishikawa.

3. Remoção dos Desperdícios: esta fase contém duas atividades, a primeira consiste em registrar a produção dos desperdícios e classificar os tipos de desperdícios significativos. O registro é realizado mediante a técnica de FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) adaptada pelos autores, no qual o número de prioridade dos desperdícios (*Waste Priority Number* - WPN) representa a adição do custo de remoção da causa  $i$  do tipo de desperdício  $j$  (*Cost of Removing* - COR), facilidade da remoção da causa  $i$  do tipo de desperdício  $j$  (*Ease of Removing* - EOR) sob a mesma categoria de resíduos. E a segunda atividade desta última fase consiste na seleção de ferramentas adequadas à eliminação dos resíduos, como as ferramentas *Lean* e ferramentas de tomada de decisão como análise hierárquica (*Analytic Hierarchy Process* - AHP), processo de rede analítica (*Analytic Network Process* - ANP) e análise envoltória de dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA).

Nallusamy e Dinagaraj (2015) propõe a utilização do Eco-Mapeamento de Fluxo de Valor (Eco-VSM) como uma ferramenta para integração *Lean & Green*. Os autores apresentaram um diagrama de blocos referente à metodologia de pesquisa, composta por: calcular o tempo *takt*, desenhar o VSM atual mencionando o impacto ambiental para cada etapa do processo, realizar um *benchmarking* para redução da poluição, desenhar o Eco-VSM futuro com os efeitos planejados da melhoria, verificar a aplicação prática do Eco-VSM, caminhar pela linha estudando o fluxo do produto e observando o processo, mensurar o tempo de ciclo e identificar os desperdícios e maneiras de reduzi-los.

Ng et al. (2015) desenvolveram uma metodologia que utiliza o VSM integrado à mensuração da eficiência do valor de carbono emitido (CVE), o qual foi aplicado à produção de peças de metal estampadas. A métrica CVE indica a proporção das atividades que agregam valor pelo impacto ambiental, calculada por meio do tempo que agrega valor (TAV) dividido pela pegada total de carbono (CFP<sub>Total</sub>). A CFP<sub>Total</sub> é calculada pelo somatório da pegada de carbono gerada durante o tempo que agrega valor (CFP<sub>AV</sub>) à pegada de carbono gerada durante o tempo que não agrega valor (CFP<sub>NAV</sub>).

Os autores apresentam quatro passos para a metodologia proposta:

Passo 1- Avaliação do estado atual: consiste em descrever o produto a ser analisado, dados de processo, inventário e eficiência. As ferramentas indicadas para isto são: OEE, CVE e CVE-VSM. Esta última, além de mapear as métricas *Lean*, calcula a  $CFP_{AV}$  e  $CFPN_{AV}$ . A forma de calcular estas é semelhante, correspondendo ao somatório dos dados de processo multiplicado pelo fator de emissão obtido em banco de dados de LCA.

Passo 2 - Análise do estado futuro: refere-se a analisar as áreas para realizar melhorias com base nas orientações estabelecidas pelo *Lean Manufacturing*. As ferramentas indicadas são: oito questões para o estado futuro *Lean*, CVE-VSM e ferramentas *Lean* de acordo com as saídas das perguntas.

Passo 3 - *Kaizen*: consiste em realizar *Kaizens* relâmpagos nas áreas onde as melhorias identificadas são críticas. As ferramentas são indicadas de acordo com o contexto do *Kaizen*.

Passo 4 - Plano de ações: consiste em desenvolver um plano com as atividades, prazos e responsáveis pela realização das melhorias definidas no *Kaizen*.

Edtmayr et al. (2016) desenvolveram uma abordagem que mede a quantidade de resíduos total e por processo a ser integrado ao VSM, sendo aplicada ao processo de moldagem por injeção. Esta abordagem apresenta equações para quantificar o resíduo total por peças boas produzidas, considerando *scrap* acumulado, resíduo devido a não cumprimento da qualidade, resíduos devido à diferença de material de entrada e provenientes de *setup* bem como rejeitos provenientes do ciclo de reutilização. É considerado rejeito o material primário que não pode ser reutilizado, reciclado, reusado ou recuperado. São considerados apenas os resíduos primários, excluindo água de processo, solventes e embalagem.

Os artigos resultantes da RBS evidenciam a importância de pesquisas relacionadas à integração *Lean & Green* na manufatura, destacando-se o número de estudos realizados em 2015. A principal ferramenta utilizada para esta integração é o mapeamento de fluxo de valor integrado a índices ambientais apresentados por 11 autores, ademais os principais desperdícios ambientais relacionados pelos artigos são: resíduos sólidos, energia, matéria-prima e emissões atmosféricas, citados por 10, 9, 8,7 autores respectivamente. Os apêndices B, C e D, respectivamente detalham os desperdícios ambientais e ferramentas aplicados nos 22 artigos que compõe o portfólio bibliográfico.

### 2.7.9 Limitações dos métodos quanto à aplicação em MPEs

Os métodos propostos pelas publicações que compõe o portfólio bibliográfico apresentam algumas limitações quanto à sua aplicabilidade em micro e pequenas empresas, estas são apresentadas a seguir.

Miller et al. (2010) é a única publicação que abrange MPEs, no entanto não desenvolve um método de integração, apenas apresenta ferramentas aplicadas em uma situação específica. Destaca-se a combinação com a simulação de eventos discretos e programação matemática, não usual para MPEs em geral.

O método apresentado por Whitman et al. (2006) é restrito apenas a materiais tóxicos e, assim, MPEs que não utilizam este tipo de material não podem aplicar este método. Além disso, utilizam um software proprietário de LCA e que requer mão-de-obra qualificada para sua operação e interpretação dificultando sua utilização em MPEs.

A estrutura de MFA empresarial integrada ao VSM desenvolvida por Xinyu e Jian (2009) é restrita à taxa de utilização de materiais, apesar da identificação de energia e resíduos. Ademais, um VSM pode não ser aplicável a uma MPE, pois requer padronização de representação.

A estrutura desenvolvida pelos autores Torielli et al. (2010) é específica para o processo de fundição e, apesar de descrever as ferramentas que podem ser utilizadas, nenhuma destas foi aplicada. O foco principal é a aplicação de novas tecnologias. Além disso, indica o software proprietário SimaPro para identificação do impacto ambiental.

A abordagem apresentada por Puvanasvaran et al. (2011) está concentrada no desenvolvimento da cultura organizacional, não especificando os tipos de desperdícios e técnicas para a operacionalização do *Lean-Green*.

A ferramenta apresentada por Romvall et al. (2011) não especifica como definir e mensurar os impactos ambientais que compõe as categorias ambientais, sugerindo a utilização de relatório ambiental. No entanto, micro e pequenas empresas podem não possuir esta informação.

Os autores Vinodh et al. (2011) apresentam exemplos de desperdícios ambientais integrados ao VSM como consumo de água e materiais. Assim, para cada desperdício ambiental é necessário um VSM dificultando sua aplicação. Além disso, a matriz eco-funcional pode ser difícil para aplicar por utilizar lógica *Fuzzy*.

A ferramenta de Puvanasvaran et al. (2012) é restrita a implementação da norma ISO 14001, assim somente seria aplicável se a MPE visasse a aplicação desta norma.

O modelo apresentado por Aguado et al. (2013) pode ser inviável para MPes, pois utiliza um *software* proprietário para determinação do impacto ambiental. Ademais, é necessário mão-de-obra qualificada para sua operação e interpretação.

A metodologia apresentada por Diaz-Elsayed et al. (2013) está centrada no uso da simulação e otimização, a qual também requer *software* proprietário e mão-de-obra qualificada.

O programa desenvolvido por Fercoq et al. (2013) apresenta um número elevado de ferramentas para aplicação em cada fase. Além disso, para algumas destas ferramentas é necessário conhecimento especializado como DOE e FMEA.

O modelo desenvolvido por Pampanelli et al. (2014) é restrito apenas à aplicação em células de manufatura. Além disso, os autores estabelecem que a empresa possua *Lean* implantado e atenda pré-requisitos estabelecidos. Desta forma, ele é direcionado a uma situação específica.

O modelo desenvolvido por Puvanasvaran et al. (2014) não apresenta o modelo completo das associações, dificultando assim sua replicação. Além disso, o modelo está direcionado às empresas que visam implantar a ISO 14001.

Verrier et al. (2014) apresenta um quadro aplicável a consórcio de empresas disponíveis para *benchmarking*, sendo a estrutura uma comparação entre a consciência ambiental, nível de maturidade *Lean* e quantificação ambiental entre empresas.

A métrica desenvolvida por Domingo e Aguado (2015) utiliza especificamente um *software* proprietário para determinação do impacto ambiental. Ademais, mesmo utilizando softwares livres é necessário mão-de-obra qualificada para sua operação e interpretação.

A metodologia desenvolvida por Fischer et al. (2015) visa o mapeamento do consumo de energia, direcionada para o desenvolvimento do tipo de solução de acordo com a preferência do usuário, requerendo tempo e conhecimento das partes interessadas para desenvolvimento destes.

A abordagem apresentada por Greinacher et al. (2015) é específica para empresas que possuem interesse em simulação e com recursos para aquisição de *software* proprietário e mão-de-obra especializada, dificultando sua utilização para MPes.

O mapeamento apresentado por Kurdve et al. (2015) requer conhecimento em materiais e padrões de resíduos. Além disso, são necessárias outras empresas para a identificação de melhores práticas.

Mostafa e Dumrak (2015) não especificam os desperdícios ambientais a serem considerados, além de não indicar como seriam medidos. Na última fase de remoção de desperdícios as ferramentas apresentadas

(isto é, FMEA, AHP e ANP) demandam conhecimento especializado e tempo para seu desenvolvimento.

Apesar do foco do artigo apresentado por Nallusamy *et al.* (2015) ser a ferramenta Eco-VSM, esta não foi representada visualmente, nem sequer como mensurar o impacto ambiental. Além disso, a ordem das etapas que compõe a metodologia é confusa devido ao tempo de ciclo ser determinado após o Eco-VSM futuro.

A metodologia apresentada por Ng *et al.* (2015) para o cálculo de pegada de carbono requer dados de fatores de emissão de cada processo, os quais são adquiridos em bases de dados de LCA. As bases de dados são provenientes de *softwares* proprietários e requerem mão-de-obra especializada para sua utilização, dificultando assim sua aplicação por empresas que não possuem esta disponibilidade.

Apesar de Edtmayr *et al.* (2016) apresentarem equações para cálculo de resíduos, não foi possível verificar sua utilização no VSM aplicado ao estudo de caso. Ademais, no VSM é apresentado apenas os valores para rejeitos e não foi possível verificar como foi calculado. Assim, a abordagem apresenta dificuldades para o entendimento e replicação.

Neste capítulo foram apresentados os principais assuntos para o desenvolvimento deste trabalho, bem como o panorama atual de pesquisas em relação ao *Lean-Green Manufacturing* por meio da revisão bibliográfica sistemática. Destacando-se a importância da realização de estudos para a integração destas abordagens, principalmente voltados a micro e pequenas empresas.

No próximo capítulo serão apresentados o método de integração desenvolvido neste trabalho para micro e pequenas empresas com base nas limitações e aprendizados adquiridos dos métodos apresentados na RBS.

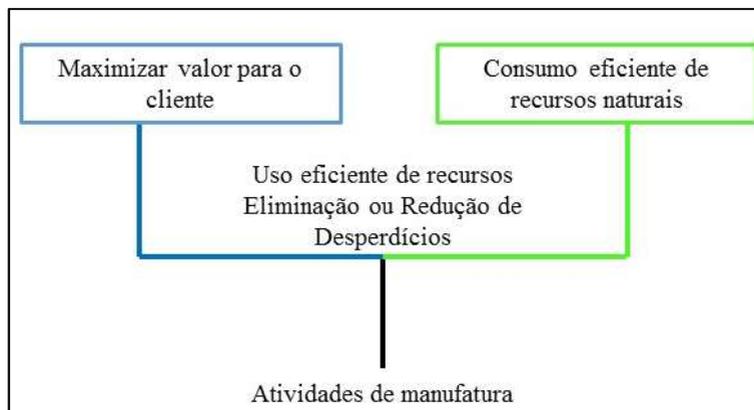
### 3 SISTEMÁTICA PARA INTEGRAÇÃO *LEAN-GREEN* EM MPES

Considerando as limitações dos métodos apresentados na revisão bibliográfica sistemática, constatou-se a falta de uma sistemática simples, que determine a integração dos desperdícios, sua forma de mensuração e com baixo investimento de aplicação. Assim, para alcançar este objetivo será apresentado neste capítulo os requisitos de integração *Lean-Green*, estabelecimento de indicadores, bem como a sistemática proposta, considerando as características das micro e pequenas empresas.

#### 3.1 DESENVOLVIMENTO DOS REQUISITOS DE INTEGRAÇÃO *LEAN-GREEN*

A integração *Lean-Green* proposta neste trabalho visa à inclusão dos objetivos principais das abordagens às características de similaridade entre estas. Assim, é possível maximizar o valor para o cliente e consumir eficientemente os recursos naturais eliminando ou reduzindo simultaneamente desperdícios *lean* e desperdícios *green*. A Figura 13 representa a estrutura de integração dos requisitos *Lean-Green*, em que as atividades de manufatura são a base para esta integração.

Figura 13 - Estrutura de Integração dos Requisitos *Lean-Green Manufacturing*.



Fonte: Da autora.

Para eliminar ou reduzir os desperdícios gerados pelas atividades de manufatura primeiramente é necessário compreender a relação destas com o valor para as organizações. Assim considerou-se a classificação estabelecida por Hines e Taylor (2000), das quais citam-se:

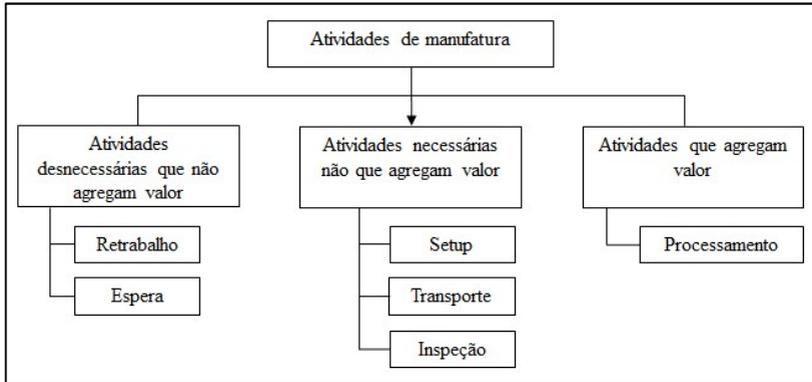
- Atividades desnecessárias que não agregam valor: são atividades dispensáveis, pelas quais o cliente não está disposto a pagar. Logo, não agregam valor e podem ser eliminadas imediatamente ou em curto prazo;
- Atividades necessárias que não agregam valor: são atividades que não agregam valor para o cliente, mas são necessárias para o processo produtivo. Devem ser removidas em longo prazo ou por mudanças radicais;
- Atividades que agregam valor: são as atividades que transformam a matéria-prima ou material semiacabado, tornando o item mais valioso para o cliente.

Descritas essa relação, identificaram-se os tipos de atividades necessárias para o funcionamento do processo produtivo, são estas:

- Processamento: corresponde à atividade de transformação da matéria-prima em material semiacabado ou acabado;
- Retrabalho: envolve a correção de peças por problemas dimensionais ou de qualidade;
- Espera: corresponde a ociosidade de mão-de-obra ou de equipamento devido a atrasos na chegada do material ou disponibilidade de outros recursos;
- *Setup*: inclui todas as atividades necessárias para preparação da máquina para fabricação de um produto até a primeira peça boa do processo. Ferreira (2016) exemplifica estes como: tempos para estudar o desenho da peça, obter os dispositivos de fixação e ferramentas, instalar o ferramental, realizar ajustes da máquina e ferramental, inspecionar a matéria-prima, bem como terminar a tarefa (desmontar e retornar os dispositivos de fixação e ferramentas, e levar o lote de peças para o inspetor);
- Transporte: corresponde à movimentação da matéria-prima ou do material semiacabado entre as máquinas ou para o estoque;
- Inspeção: corresponde ao ato de inspecionar o material acabado ou semiacabado do processo para verificar suas dimensões e/ou padrão de qualidade.

Assim, podem-se associar os tipos de atividades presentes no processo produtivo à classificação de Hines e Taylor (2000), conforme Figura 14.

Figura 14 - Associação dos Tipos de Atividades ao Valor.



Fonte: Da autora.

O uso eficiente de recursos naturais corresponde ao consumo da quantidade necessária para o atendimento do processo produtivo e, conseqüentemente, sem a geração de resíduos sólidos. No entanto, em alguns casos devido à característica do processo ou produto é inevitável a geração de resíduos.

Os tipos de recursos naturais presentes no processo produtivo foram identificados conforme sua representatividade resultante da relação desperdícios *Lean* e *Green* apresentadas anteriormente na Figura 8 e nos artigos que compõem o portfólio bibliográfico. Desta forma, estes são:

- Energia;
- Matéria-prima, e;
- Resíduos sólidos.

Para o recurso energia foi considerada apenas a energia elétrica, por ser o meio comumente utilizada. Segundo Fischer et al. (2015), a energia elétrica é um dos principais objetivos de investigação da gestão de produção devido ao custo e emissões de gás carbônico.

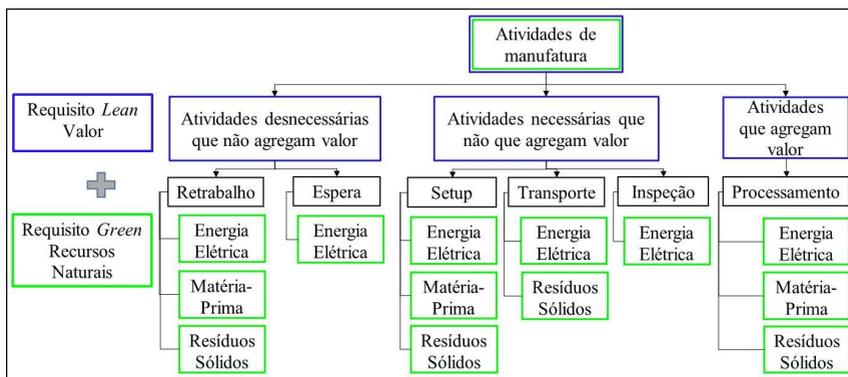
Devido a abrangência do termo resíduos sólidos, este foi especificado neste trabalho como:

- Cavacos, que correspondem ao material que é removido da peça pela ação da ferramenta, disco de corte ou outro equipamento;

- Sobras: consiste na matéria-prima que não é utilizada na sua totalidade;
- Refugo: consiste no material semiacabado ou acabado que não atende a especificações dimensionais ou de qualidade e não pode ser retrabalhado.

Assim, identificadas as atividades de manufatura e sua classificação quanto valor para o cliente é possível associar os recursos naturais presentes em cada uma destas, como representado na Figura 15. Desta forma, integrando os requisitos *Lean-Green* pelas atividades que não agregam valor e seus respectivos recursos naturais consumidos ineficientemente.

Figura 15 - Representação Esquemática da Integração dos Requisitos *Lean e Green* Presentes na Atividade de Manufatura.



Fonte: Da autora.

Assim, os desperdícios ambientais associados as atividades desnecessárias que não agregam valor são: energia elétrica, matéria-prima e resíduos sólidos. Associando-se especificamente para a realização da atividade de retrabalho os seguintes desperdícios ambientais: energia elétrica, matéria-prima utilizada para correção do produto, e resíduos sólidos decorrente do processo ou que peças de retrabalho que se tornaram refugo. Na atividade de espera, têm-se o desperdício de energia elétrica visto que corresponde ao consumo da máquina enquanto aguarda peças do processo anterior.

Para as atividades necessárias que não agregam valor, especificamente setup, estão associados os desperdícios ambientais para a realização desta como energia elétrica, matéria-prima, e resíduos sólidos decorrentes da primeira peça boa produzida. Para a atividade de transporte foram considerados, a energia elétrica utilizada para movimentação da matéria-prima, material semiacabado e material acabado entre processo e estoque. Além destes, ao transporte foi associado os resíduos sólidos gerados quando há incidentes que tornem a peça refugo. Quanto à inspeção foi considerado a energia elétrica quando utilizado equipamento elétrico para medição.

Apesar da atividade que agrega valor não ser o foco do trabalho, ela possui o desperdício ambiental de resíduos sólidos, uma vez que em alguns processos há a geração destes.

### 3.2 IDENTIFICAÇÃO DE INDICADORES *LEAN-GREEN* E UNIDADE DE MEDIDA

Estabelecidos os requisitos de integração, foram determinados indicadores para representar a associação das atividades e recursos naturais com base no valor, visando sua inclusão e mensuração na sistemática, conforme representado pelo Quadro 3.

Quadro 3 – Indicadores *Lean-Green*.

<b>Item</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidade de Medida</b>
Atividade	Tempo	s/pç
Energia Elétrica	Consumo de Energia	kWh/pç
Matéria-prima	Consumo de Matéria-Prima	kg/pç
Resíduos Sólidos	Consumo de Resíduos Sólidos	kg/pç

Fonte: Da autora.

As unidades de medida estabelecidas para os itens energia, matéria-prima, e resíduos sólidos diferem das apresentadas pelos autores analisados na RBS, pois a maioria dos autores estabelecem o consumo mensal da empresa obtido por meio de relatórios ou informações de faturas e estes podem ser influenciado pelo aumento ou redução da quantidade produzida. A forma de mensuração apresentada no Quadro 3 foi considerada por representar o consumo real por produto.

Neste trabalho a unidade de medida estabelecida para representar o consumo real por produto foi definida por peça, porém está pode ser adequada pela empresa de acordo com sua produção, por exemplo consumo por quilograma produzido, consumo por lote, entre outros.

Por fim, atribuiu-se cada indicador a sua respectiva associação de atividade, conforme mostrado no Quadro 4.

Quadro 4- Indicadores atribuídos à associação *Lean-Green*.

<b>Classificação das Atividades por Valor</b>	<b>Sub Classificação das Atividades por Valor</b>	<b>Indicadores <i>Lean-Green Manufacturing</i></b>
• Atividades Desnecessárias que Não Agregam valor	• Retrabalho	• Tempo, Consumo de Energia, Consumo de Matéria-Prima, Quantidade de Resíduos Sólidos
	• Espera	• Tempo, Consumo de Energia
• Atividades Necessárias que Não Agregam valor	• Setup	• Tempo, Consumo de Energia, Consumo de Matéria-Prima, Quantidade de Resíduos Sólidos
	• Transporte de Matéria-Prima	• Tempo, Consumo de Energia, Quantidade de Resíduos Sólidos
	• Transporte entre Processos	• Tempo, Consumo de Energia, Quantidade de Resíduos Sólidos
	• Transporte para o Estoque	• Tempo, Consumo de Energia, Quantidade de Resíduos Sólidos
	• Inspeção	• Tempo, Consumo de Energia
• Atividade que Agrega Valor	• Processamento	• Tempo, Consumo de Energia, Consumo de Matéria-Prima, Quantidade de Resíduos Sólidos

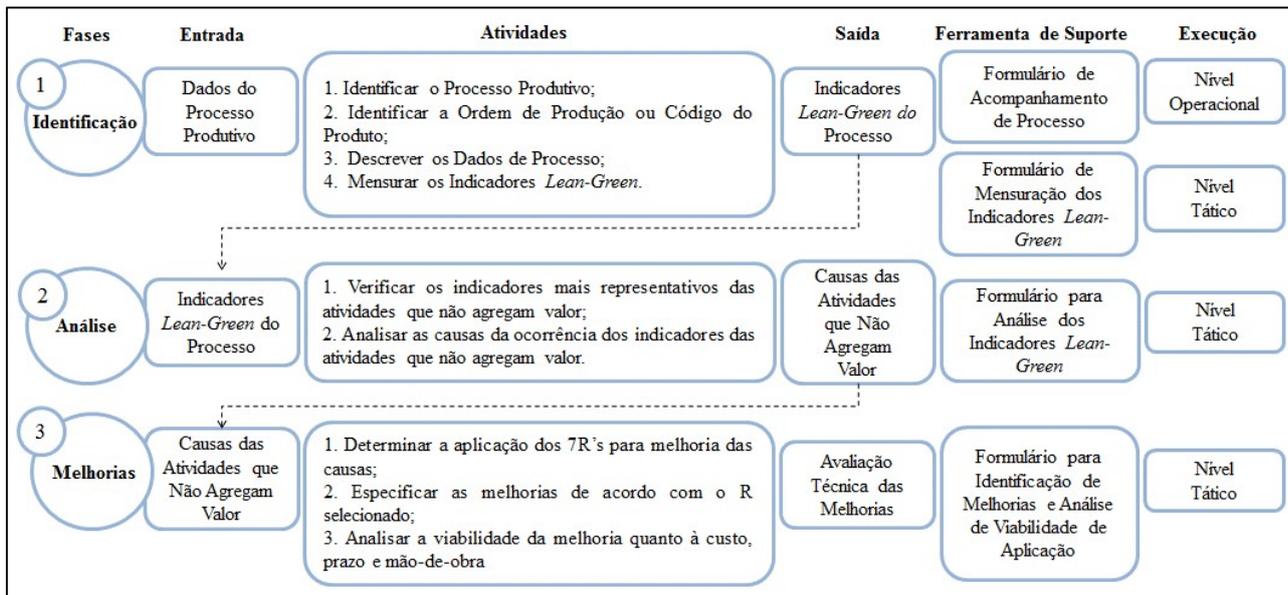
Fonte: Da autora.

Além disso, estes indicadores podem representar mensurar qualquer atividade atribuída. Por exemplo, pode-se associar tais indicadores a atividade de superprodução, defeitos, refugos, estoque desnecessários entre outros.

### 3.3 SISTEMÁTICA PARA A INTEGRAÇÃO *LEAN-GREEN* PROPOSTO PARA MPEs

Estabelecidos os requisitos de integração e os indicadores apresentados na seção anterior, desenvolveu-se a estrutura sistemática para a integração *Lean-Green* para MPEs com base no modelo de referência proposto por Forcellini (2016) para o processo de desenvolvimento de serviços. Este modelo é composto por macrofases, fases, atividades e tarefas.

No entanto, para a estrutura proposta foi limitada a fase e atividade, e inclusos entrada, saída e execução para cada atividade, como apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Sistemática para a Integração *Lean-Green* para MPE.

Fonte: Da autora.

Nas próximas seções serão apresentados detalhadamente cada um dos itens: as três fases e suas respectivas entradas, atividades, saídas, ferramenta de suporte e execução que compõe a sistemática.

### 3.4 1ª FASE: IDENTIFICAÇÃO

Esta primeira fase consiste em verificar a situação atual do processo quanto aos indicadores *Lean-Green*. Assim, a entrada desta fase são os dados do processo produtivo, os quais serão identificados por meio das atividades visando obter os indicadores *Lean-Green* do processo, sendo este último a saída desta fase.

A realização das atividades é suportada pelo formulário de acompanhamento de processo e formulário de mensuração dos indicadores *Lean-Green*. A seguir, serão descritos cada um dos componentes desta fase.

#### 3.4.1 Entrada: Dados do Processo Produtivo

Corresponde aos dados do processo, tais como: tempo de transporte de matéria-prima, tempo de início da preparação, tempo da primeira peça boa, matéria-prima, tempo final da produção, total de peças boas, total de peças de retrabalho, tempo de retrabalho, cavaco, sobra, refugo, energia, tempo de parada de máquinas, tempo de inspeção e tempo transporte de peças, necessários para a realização da mensuração dos indicadores *Lean-Green*. Cada um destes será detalhado posteriormente na atividade 4.

#### 3.4.2 Atividade 1: Identificar o Processo Produtivo

Nesta atividade nomeia-se o processo que será verificado. Considera-se o processo independentemente do tipo de produto que está sendo fabricado.

#### 3.4.3 Atividade 2: Identificar a Ordem de Produção ou Código do Produto

Esta atividade consiste em discriminar o produto que será produzido no processo por meio da ordem de produção ou código do produto. Esta forma de identificação foi determinada porque algumas empresas não possuíam códigos de produtos para produção sob encomenda.

### 3.4.4 Atividade 3: Descrever os Dados de Processo

Esta atividade consiste em registrar os dados do processo para cada um dos produtos manufaturados, estes dados são:

- Tempo de Transporte de Matéria-prima: corresponde ao tempo inicial e final para mover toda a matéria-prima ao processo.

- Tempo de Início da Preparação: corresponde ao tempo em que se inicia o processo de *setup* (preparação) da máquina para fabricação de um produto.

- Tempo da Primeira Peça Boa: corresponde ao tempo da saída da primeira peça dentro das especificações dimensionais e de qualidade.

- Matéria-prima: corresponde ao total de matéria-prima que será utilizada no processo.

- Tempo Final da Produção: corresponde ao tempo da última peça produzida.

- Total de Peças Boas: corresponde ao número total de peças produzidas dentro das especificações dimensionais e de qualidade.

- Total de Peças Extras: corresponde ao número total de peças produzidas acima do solicitado.

- Total de Peças de Retrabalho: corresponde ao número total de peças que foram submetidas à correção devido a erros no processo.

- Tempo de Retrabalho: corresponde ao tempo decorrido para realizar a correção de peças produzidas fora do especificado.

- Cavaco: corresponde à quantidade total de material resultante do produto pela ação de ferramenta, disco de corte e outros.

- Sobra: corresponde à quantidade total resultante da matéria-prima que não foi utilizada na sua totalidade.

- Refugo: corresponde à quantidade total de material semiacabado ou acabado que não atende às especificações dimensionais ou de qualidade e não pode ser retrabalhada.

- Tempo de Parada de Máquinas: corresponde ao tempo em que a máquina ficou sem produzir.

- Tempo de Inspeção: corresponde ao tempo em que ocorreu a inspeção das peças produzidas.

- Tempo Transporte de Peças: corresponde ao tempo transcorrido para o transporte das peças para o próximo processo ou para o estoque.

Determina-se que o tempo deve ser descrito em horas, minutos e segundos obtidos por meio de relógios ou aplicativos com estas características. Os dados como o cavaco, as sobras e refugos devem ser medidos por meio de uma balança em quilogramas.

Os dados correspondentes à matéria-prima, peças boas, peças extras e peças de retrabalho devem ser descritos em unidades e quilogramas.

Todos estes dados serão utilizados para a mensuração dos indicadores *Lean-Green* apresentados a seguir.

#### 3.4.5 Atividade 4: Mensurar os Indicadores *Lean-Green* do Processo

Os dados de processo obtidos anteriormente são utilizados como base para a realização desta atividade.

As equações para a mensuração dos indicadores, com exceção da equação de consumo de energia, foram desenvolvidas pela autora fundamentada na experiência fabril e na engenharia de produção. A equação para a mensuração do consumo de energia foi baseada no método apresentado por Wills (2009), que considera o consumo de energia do equipamento informado pela placa de identificação, tanto para corrente contínua quanto para corrente alternada, durante um determinado período de tempo.

Assim, os Quadros 5, 6 e 7, apresentam as equações necessárias para determinação dos indicadores *Lean-Green* considerando a seguinte classificação: atividades desnecessárias que não agregam valor, atividades necessárias que não agregam valor e atividades que agregam valor, respectivamente.

No Quadro 5 as equações de 3.1 a 3.4 são usadas para determinar os indicadores associados as atividades de retrabalho, como: o tempo para a execução do retrabalho, o consumo de energia para realizar este, quantidade de resíduos gerados e o consumo de matéria-prima utilizada para realizar o retrabalho das peças. As equações de 3.5 a 3.6 se referem aos indicadores da atividade de espera, como o tempo e o consumo de energia ocorridos enquanto a máquina aguardou peças para iniciar o processo. Estes dois elementos compõem as atividades desnecessárias que não agregam valor.

Quadro 5 - Equações para Mensuração dos Indicadores *Lean-Green* das Atividades Desnecessárias que não Agregam Valor.

Atividades Desnecessárias que Não Agregam Valor	Indicador <i>Lean-Green</i>	Equações para Mensuração dos Indicadores	Termos da Equação
Retrabalho	Tempo	$T_r = (T_{fr} - T_{ir}) / QPR$ (3.1)	$T_r$ = Tempo de retrabalho (s/pc) $T_{fr}$ = Tempo final de retrabalho (s) $T_{ir}$ = Tempo inicial de retrabalho (s) $QPR$ = Quantidade de peças de retrabalho (pc)
	Consumo de Energia	$C_{er} = P \times \left( \frac{T_r}{3600} \right)$ (3.2)	$C_{er}$ = Consumo de energia para retrabalho (kWh/pc) $P$ = Potência da máquina usada para retrabalho (kW) $T_r$ = Tempo de retrabalho/3600 (h)
	Quantidade de Resíduos Sólidos	$RS_r = (C_r + S_r + Re_r) / QPR$ (3.3)	$RS_r$ = Resíduos sólidos de retrabalho (kg/pc) $C_r$ = Cavaco de retrabalho (kg) $S_r$ = Sobre de retrabalho (kg) $Re_r$ = Refugo de retrabalho (kg) $QPR$ = Quantidade de peças de retrabalho (pc)
	Consumo de Matéria-Prima	$C_{MPr} = PPR / QPR$ (3.4)	$C_{MPr}$ = Consumo de matéria-prima para retrabalho (kg/pc) $PP_r$ = Peso das peças de retrabalho (kg)
Espera	Tempo	$T_{esp} = (T_{fp} - T_{ip}) / QPR$ (3.5)	$T_{esp}$ = Tempo de espera (s/pc) $T_{fp}$ = Tempo final de parada de máquina (s) $T_{ip}$ = Tempo inicial de parada de máquina (s) $QPR$ = Quantidade de peças de retrabalho (pc)
	Consumo de Energia	$C_{ee} = P \times \left( \frac{T_{esp}}{3600} \right)$ (3.6)	$C_{ee}$ = Consumo de energia em espera (kWh/pc) $P$ = Potência do equipamento (kW) $T_{esp}$ = Tempo de espera /3600 (h)

Fonte: Da autora.

O Quadro 6 apresenta a forma de quantificação dos indicadores relacionados às atividades necessárias que não agregam valor. As equações de 3.7 a 3.10 se referem à forma de mensuração dos indicadores ocorridos na atividade de *setup*, o tempo decorrido para a preparação da máquina até a saída da primeira peça boa, o consumo de energia da máquina do processo, quantidade de resíduos gerados pelas peças de preparação e o consumo de matéria-prima utilizada até a primeira peça boa.

As equações de 3.11 a 3.13 indicam a forma de mensuração dos indicadores presentes na atividade de transporte de matéria-prima, são estes: o tempo transcorrido para transportar a matéria-prima até o processo, o consumo de energia quando se utiliza um equipamento elétrico para movimentação, e quantidade de resíduos sólidos gerados devido a uma falha no transporte que torne a matéria-prima refugo.

Semelhantemente as equações 3.14 a 3.16, e 3.17 a 3.19 se referem aos indicadores presentes nas atividades de transporte entre processo e transporte para o estoque, respectivamente. Os indicadores presentes nestas duas atividades são: tempo decorrido para o transporte entre processos, transporte para estoque, consumo de energia quando se utiliza um

equipamento elétrico para movimentação e quantidade de resíduos sólidos quando devido a incidentes as peças se tornam refugos.

Para a atividade de inspeção são apresentadas as equações 3.20 e 3.21, para medir os seguintes indicadores: tempo decorrido para realização da inspeção das peças e consumo de energia quando utilizado um equipamento elétrico para inspeção.

Quadro 6 - Equações para Mensuração dos Indicadores *Lean-Green* das Atividades Necessárias que não Agregam Valor.

Atividades Necessárias que Não Agregam Valor	Indicador <i>Lean-Green</i>	Equações para Mensuração dos Indicadores	Termos da Equação
Setup	Tempo	$T_s = T_{ppb} - T_{ip} / QPS$ (3.7)	$T_s$ = Tempo de setup (s/pç) $T_{ppb}$ = Tempo primeira peça boa (s) $T_{ip}$ = Tempo início da preparação (s) $QPS$ = Quantidade de peças de setup (pç)
	Consumo de Energia	$C_{es} = P \times \left( \frac{T_s}{3600} \right)$ (3.8)	$C_{es}$ = Consumo de energia de setup (kWh/pç) $P$ = Potência da máquina de processo (kW) $T_s$ = Tempo de setup/3600 (h)
	Quantidade de Resíduos Sólidos	$R_{ss} = \frac{C_s + S_s + Re_s}{QPS}$ (3.9)	$R_{ss}$ = Resíduos sólidos de setup (kg/pç) $C_s$ = Cavaco de setup (kg) $S_s$ = Sobra de setup (kg) $Re_s$ = Refugo de setup (kg) $QPS$ = Quantidade de peças de setup (pç)
	Consumo de Matéria-Prima	$C_{MPS} = PP_s / QPS$ (3.10)	$C_{MPS}$ = Consumo de matéria-prima de setup (kg/pç) $PP_s$ = Peso das peças de setup (kg) $QPS$ = Quantidade de peças de setup (pç)
Transporte de Matéria-Prima	Tempo	$T_{LMP} = \frac{T_{LMP} - T_{LMP}}{QMP}$ (3.11)	$T_{LMP}$ = Tempo de transporte de matéria-prima (s/pç) $T_{LMP}$ = Tempo final de transporte de matéria-prima (s) $T_{LMP}$ = Tempo inicial de transporte de matéria-prima (s) $QMP$ = Quantidade de matéria-prima transportada (pç)
	Consumo de Energia	$C_{elMP} = P \times \left( \frac{T_{LMP}}{3600} \right)$ (3.12)	$C_{elMP}$ = Consumo de energia para transporte de matéria-prima (kWh/pç) $P$ = Potência do equipamento utilizado para transporte (kW) $T_{LMP}$ = Tempo de transporte de matéria-prima/3600 (h)
	Quantidade de Resíduos Sólidos	$R_{LMP} = PR_{elMP} / QMP$ (3.13)	$R_{LMP}$ = Resíduos sólidos de transporte de matéria-prima (kg/pç) $PR_{elMP}$ = Peso dos refugos de transporte de matéria-prima (kg) $QMP$ = Quantidade de matéria-prima transportada (pç)
Transporte entre Processos	Tempo	$T_{LPP} = \frac{T_{LPP} - T_{LPP}}{QP_{LPP}}$ (3.14)	$T_{LPP}$ = Tempo de transporte entre processos (s/pç) $T_{LPP}$ = Tempo final de transporte de peças próximo processo (s) $T_{LPP}$ = Tempo inicial de transporte de peças próximo processo (s) $QP_{LPP}$ = Quantidade de peças transportadas entre processos (pç)
	Consumo de Energia	$C_{elPP} = P \times \left( \frac{T_{LPP}}{3600} \right)$ (3.15)	$C_{elPP}$ = Consumo de energia para transporte entre processos (kWh/pç) $P$ = Potência do equipamento utilizado para transporte (kW) $T_{LPP}$ = Tempo de transporte de entre processos/3600 (h)
	Quantidade de Resíduos Sólidos	$R_{LPP} = PR_{elPP} / QP_{LPP}$ (3.16)	$R_{LPP}$ = Resíduos sólidos de transporte entre processos (kg/pç) $PR_{elPP}$ = Peso do refugo de transporte entre processos (kg) $QP_{LPP}$ = Quantidade de peças transportadas entre processos (pç)
Transporte para o Estoque	Tempo	$T_{LE} = \frac{T_{LE} - T_{LE}}{QP_{LE}}$ (3.17)	$T_{LE}$ = Tempo de transporte para o estoque (s/pç) $T_{LE}$ = Tempo final de transporte de peças para o estoque (s) $T_{LE}$ = Tempo inicial de transporte de peças para o estoque (s) $QP_{LE}$ = Quantidade de peças transportadas para o estoque (pç)
	Consumo de Energia	$C_{elE} = P \times \left( \frac{T_{LE}}{3600} \right)$ (3.18)	$C_{elE}$ = Consumo de energia para transporte de peças para o estoque (kWh/pç) $P$ = Potência do equipamento utilizado para transporte (kW) $T_{LE}$ = Tempo de transporte para o estoque/3600 (h)
	Quantidade de Resíduos Sólidos	$R_{LE} = PR_{elE} / QP_{LE}$ (3.19)	$R_{LE}$ = Resíduos sólidos de transporte para o estoque (kg/pç) $PR_{elE}$ = Peso do refugo de transporte para o estoque (kg) $QP_{LE}$ = Quantidade de peças transportadas para o estoque (pç)
Inspeção	Tempo	$T_I = \frac{T_{I1} - T_{I1}}{QP_I}$ (3.20)	$T_I$ = Tempo para inspeção de peças (s/pç) $T_{I1}$ = Tempo final de inspeção (s) $T_{I1}$ = Tempo inicial de inspeção (s) $QP_I$ = Quantidade de peças inspecionadas (pç)
	Consumo de Energia	$C_{ei} = P \times \left( \frac{T_I}{3600} \right)$ (3.21)	$C_{ei}$ = Consumo de energia para inspeção de peças (kWh/pç) $P$ = Potência do equipamento utilizado para inspeção de peças (kW) $T_I$ = Tempo de inspeção de peças/3600 (h)

Fonte: Da autora.

No Quadro 7 são apresentadas as equações para mensuração dos indicadores referentes às atividades que agregam valor. Desta forma, as equações de 3.22 a 3.25, representam a forma de mensuração da atividade de processamento.

Quadro 7 - Equações para Mensuração dos Indicadores *Lean-Green* das Atividades que Agregam Valor.

Atividades que Agregam Valor	Indicador <i>Lean-Green</i>	Equações para Mensuração dos Indicadores	Termos da Equação
Processamento	Tempo	$T_{proc} = \frac{T_{fproc} - T_{ppb}}{Q_{P_{proc}}} \quad (3.22)$	$T_{fproc}$ = Tempo de processamento (s/pç) $T_{pp}$ = Tempo final da produção (s) $T_{ppb}$ = Tempo primeira peça boa (s) $Q_{P_{proc}}$ = Quantidade de peças produzidas (pç)
	Consumo de Energia	$C_{eproc} = P \times \left( \frac{T_{proc}}{3600} \right) \quad (3.23)$	$C_{eproc}$ = Consumo de energia de processamento (kWh/pç) P = Potência da máquina de processo (kW) $T_{proc}$ = Tempo de processamento/3600 (h)
	Quantidade de Resíduos Sólidos	$R_{proc} = \frac{S_{proc} + C_{proc} + Re_{proc}}{Q_{P_{proc}}} \quad (3.24)$	$R_{proc}$ = Resíduo de processamento (kg/pç) $S_{proc}$ = Sobra de processamento (kg) $C_{proc}$ = Cavaco de processamento (kg) $Re_{proc}$ = Refugo de processamento (kg) $Q_{P_{proc}}$ = Quantidade de peças produzidas (pç)
	Consumo de Matéria-Prima	$C_{MP_{proc}} = \frac{P_{P_{proc}}}{Q_{P_{proc}}} \quad (3.25)$	$C_{MP_{proc}}$ = Consumo de matéria-prima de processamento (kg/pç) $P_{P_{proc}}$ = Peso das peças produzidas (kg) $Q_{P_{proc}}$ = Quantidade de peças produzidas (pç)

Fonte: Da autora.

Como alguns dados de processo são expressos em unidades diferentes dos indicadores, estes devem ser convertidos na unidade descrita nos quadros. Assim, os horários precisam ser convertidos em segundos para mensuração do indicador tempo. A potência do equipamento em quilowatts, caso necessário deve ser realizado a conversão de unidades.

A forma de mensuração do indicador consumo de energia considerando a potência do equipamento, foi estabelecida devido ser de fácil verificação, sem custo para aquisição de equipamentos e descrita na literatura. Além disso, a unidade de medida quilowatt-hora foi estabelecida devido ser a unidade prática utilizada pela concessionária de energia. Assim, todas as equações que determinam o consumo de energia foram transformadas para hora por meio da divisão do tempo em segundos por 3600 segundos, o qual equivale a 1 hora.

### 3.4.6 Saída: Indicadores *Lean-Green* do Processo

Realizada a última atividade (isto é, mensuração dos indicadores *Lean-Green*), obtém-se então a saída desta fase, que contém os indicadores relacionados aos tipos de atividades presentes no processo. A saída pode apresentar um número diferente dos indicadores descritos anteriormente, uma vez que sua presença depende da existência dos tipos de atividades presentes no processo. Ou seja, se não ocorrer uma atividade não haverá um indicador que a represente.

### 3.4.7 Ferramenta de Suporte: Formulário de Acompanhamento de Processo e Formulário de Mensuração dos Indicadores *Lean-Green*

Foram estabelecidas ferramentas de suporte para auxiliar a realização das atividades, as quais servirão para obter dados de processo e mensurar os indicadores *Lean-Green*. A primeira destas ferramentas é o formulário de acompanhamento de processo, o qual assegura a realização das seguintes atividades:

1. Identificação do processo produtivo;
2. Identificação da ordem de produção ou código do produto, e;
3. Descrição dos dados de processo.

Além dos campos relativos às atividades descritas, o formulário também inclui: identificação do operador, horário de trabalho, intervalos e a data de realização visando o rastreamento das informações. Estes dados serão representados pelo número 4.

A Figura 17 apresenta o formulário de acompanhamento de processo e destaca a numeração de cada uma das atividades.

A outra ferramenta de suporte é o formulário de mensuração dos indicadores *Lean-Green*, representado na Figura 18, em que são apresentadas as equações para determinação dos indicadores de acordo com a classificação das atividades. Este formulário assegura a realização da última atividade desta fase, mensuração dos indicadores. A Figura 19 ilustra o anexo do formulário de mensuração de indicadores, o qual descreve cada um dos termos das equações.



Figura 18 - Formulário de Mensuração dos Indicadores *Lean-Green*.

 		FORMULÁRIO DE MENSURAÇÃO DOS INDICADORES <i>LEAN-GREEN</i>							
Processo:		Potência da Máquina (kW):		Responsável:		Data:			
<p>- Para a mensuração dos indicadores <i>Lean-Green</i> devem ser utilizados os dados de processos obtidos por meio do Formulário de Acompanhamento de Processo. Estes dados serão utilizado por meio das equações para mensuração dos indicadores.</p> <p>- Devem ser preenchidos somente os campos referente à ocorrência das atividades no processo. Além disso, mesmo ocorrendo a atividade algum indicador pode não ocorrer, assim o campo deste deve permanecer em branco.</p> <p>- Atenção: Cada um dos termos da equação são apresentados no verso deste formulário.</p>									
Classificação das Atividades pelo Valor	Tipos de Atividades	Indicador <i>Lean-Green</i>	Equações para Mensuração dos Indicadores	Unidade	Ordem de Produção/ Código do Produto				
Atividades Desnecessárias que Não Agregam Valor	Retrabalho	Tempo	$T_r = (T_{fr} - T_{lr}) / QPR$	s/pç					
		Consumo de Energia	$C_{er} = P \times \left( \frac{T_r}{3600} \right)$	kWh/pç					
		Quantidade de Resíduos	$RS_r = (C_r + S_r + Re_r) / QPR$	kg/pç					
		Consumo de Matéria-Prima	$C_{MP_r} = PPR / QPR$	kg/pç					
	Espera	Tempo	$T_{esp} = (T_{fd} - T_{fd}) / QPR$	s/pç					
		Consumo de Energia	$C_{ee} = P \times \left( \frac{T_{esp}}{3600} \right)$	kWh/pç					
Atividades Necessárias que Não Agregam Valor	Setup	Tempo	$T_s = T_{ppb} - T_{fp} / QPS$	s/pç					
		Consumo de Energia	$C_{es} = P \times \left( \frac{T_s}{3600} \right)$	kWh/pç					
		Quantidade de Resíduos	$R_{ss} = \frac{C_s + S_s + Re_s}{QPS}$	kg/pç					
		Consumo de Matéria-Prima	$C_{MP_s} = PP_s / QPS$	kg/pç					
	Transporte de Matéria-Prima	Tempo	$T_{tMP} = \frac{T_{tMP} - T_{tMP}}{QMP}$	s/pç					
		Consumo de Energia	$C_{eMP} = P \times \left( \frac{T_{tMP}}{3600} \right)$	kWh/pç					
		Quantidade de Resíduos	$R_{tMP} = PR_{eMP} / QMP$	kg/pç					
	Transporte entre Processos	Tempo	$T_{tPP} = \frac{T_{tPP} - T_{tPP}}{QP_{tPP}}$	s/pç					
		Consumo de Energia	$C_{ePP} = P \times \left( \frac{T_{tPP}}{3600} \right)$	kWh/pç					
		Quantidade de Resíduos	$R_{tPP} = PR_{ePP} / QP_{tPP}$	kg/pç					
	Transporte para o Estoque	Tempo	$T_{tEE} = \frac{T_{tEE} - T_{tEE}}{QP_{tEE}}$	s/pç					
		Consumo de Energia	$C_{eEE} = P \times \left( \frac{T_{tEE}}{3600} \right)$	kWh/pç					
		Quantidade de Resíduos	$R_{tEE} = PR_{eEE} / QP_{tEE}$	kg/pç					
	Inspeção	Tempo	$T_i = \frac{T_{f1} - T_{f1}}{QP_i}$	s/pç					
		Consumo de Energia	$C_{ei} = P \times \left( \frac{T_i}{3600} \right)$	kWh/pç					
	Atividade que Agrega Valor	Processamento	Tempo	$T_{pproc} = \frac{T_{fproc} - T_{pbb}}{QP_{pproc}}$	s/pç				
			Consumo de Energia	$C_{aproc} = P \times \left( \frac{T_{pproc}}{3600} \right)$	kWh/pç				
			Quantidade de Resíduos Sólidos	$R_{pproc} = \frac{S_{pproc} + C_{pproc} + Re_{pproc}}{QP_{pproc}}$	kg/pç				
Consumo de Matéria-Prima			$C_{MPpproc} = \frac{PP_{pproc}}{QP_{pproc}}$	kg/pç					

Fonte: Da autora.

Figura 19 - Anexo do Formulário de Mensuração dos Indicadores *Lean-Green*:  
 Descritivo dos Termos das Equações.

  <b>FORMULÁRIO DE MENSURAÇÃO DOS INDICADORES LEAN-GREEN</b>		
ANEXO: DESCRITIVO DOS TERMOS DAS EQUAÇÕES		
Atividades Desnecessárias que Não Agregam Valor	Atividades Necessárias que Não Agregam Valor	Atividades Necessárias que Não Agregam Valor
<p><b>Retrabalho</b></p> <p><math>T_r</math> = Tempo de retrabalho (s/pç)  <math>T_{rf}</math> = Tempo final de retrabalho (s)  <math>T_{ri}</math> = Tempo inicial de retrabalho (s)  <math>QPR</math> = Quantidade de peças de retrabalho (pç)  <math>C_e</math> = Consumo de energia para retrabalho (kWh/pç)  <math>P</math> = Potência do equipamento (kW)  <math>T_r</math> = Tempo de retrabalho/3600 (h)</p> <p><math>R_s</math> = Resíduos sólidos de retrabalho (kg/pç)  <math>C</math> = Cavaco de retrabalho (kg)  <math>S_r</math> = Sobre de retrabalho (kg)  <math>R_{ef}</math> = Refugo de retrabalho (kg)  <math>QPR</math> = Quantidade de peças de retrabalho (pç)</p> <p><math>C_{mPR}</math> = Consumo de matéria-prima para retrabalho (kg/pç)  <math>PP</math> = Peso das peças de retrabalho (kg)  <math>QPR</math> = Quantidade de peças de retrabalho (pç)</p>	<p><b>Setup</b></p> <p><math>T_s</math> = Tempo de setup (s/pç)  <math>T_{spb}</math> = Tempo primeira peça boa (s)  <math>T_{sp}</math> = Tempo início da preparação (s)  <math>QPS</math> = Quantidade de peças de setup (pç)</p> <p><math>C_e</math> = Consumo de energia de setup (kWh/pç)  <math>P</math> = Potência do equipamento (kW)  <math>T_s</math> = Tempo de setup/3600 (h)</p> <p><math>R_s</math> = Resíduos sólidos de setup (kg/pç)  <math>C</math> = Cavaco de setup (kg)  <math>S_r</math> = Sobre de setup (kg)  <math>R_{ef}</math> = Refugo de setup (kg)  <math>QPS</math> = Quantidade de peças de setup (pç)</p> <p><math>C_{mSP}</math> = Consumo de matéria-prima de setup (kg/pç)  <math>PP</math> = Peso das peças de setup (kg)  <math>QPS</math> = Quantidade de peças de setup (pç)</p>	<p><b>T transporte entre processos</b></p> <p><math>T_{tpp}</math> = Tempo de transporte entre processos (s/pç)  <math>T_{tfp}</math> = Tempo final de transporte de peças próximo processo (s)  <math>T_{tip}</math> = Tempo inicial de transporte de peças próximo processo (s)  <math>P_p</math> = Peças boas (pç)</p> <p><math>C_{etpp}</math> = Consumo de energia para transporte entre processos (kWh/pç)  <math>P</math> = Potência do equipamento (kW)  <math>T_{tpp}</math> = Tempo de transporte de entre processos/3600 (h)</p> <p><math>R_{sp}</math> = Resíduos sólidos de transporte entre processos (kg/pç)  <math>PR_{Refpp}</math> = Peso do refugo de transporte entre processos (kg)  <math>Q_{pp}</math> = Quantidade de peças transportadas entre processos (pç)</p>
<p><b>Espera</b></p> <p><math>T_{we}</math> = Tempo de espera (s/pç)  <math>T_{wf}</math> = Tempo final de parada de máquina (s)  <math>T_{wi}</math> = Tempo inicial de parada de máquina (s)  <math>Q_{PE}</math> = Quantidade de peças de retrabalho</p> <p><math>C_e</math> = Consumo de energia em espera (kWh/pç)  <math>P</math> = Potência do equipamento (kW)  <math>T_{we}</math> = Tempo de espera/3600 (h)</p>	<p><b>Transporte de matéria-prima</b></p> <p><math>T_{tmPR}</math> = Tempo de transporte de matéria-prima (s/pç)  <math>T_{tmPRf}</math> = Tempo final de transporte de matéria-prima (s)  <math>T_{tmPRI}</math> = Tempo inicial de transporte de matéria-prima (s)  <math>QMP</math> = Total de matéria-prima transportada</p> <p><math>C_{emPR}</math> = Consumo de energia para transporte de matéria-prima (kWh/pç)  <math>P</math> = Potência do equipamento (kW)  <math>T_{tmPR}</math> = Tempo de transporte de matéria-prima/3600 (h)</p> <p><math>R_{sPR}</math> = Resíduos sólidos de transporte de matéria-prima (kg/pç)  <math>PR_{RefPR}</math> = Peso dos refugos de transporte de matéria-prima (kg)  <math>QMP</math> = Total de matéria-prima transportada (pç)</p>	<p><b>T transporte para o Estoque</b></p> <p><math>T_{te}</math> = Tempo de transporte para o estoque (s/pç)  <math>T_{tef}</math> = Tempo final de transporte de peças para o estoque (s)  <math>T_{tei}</math> = Tempo inicial de transporte de peças para o estoque (s)  <math>Q_{PE}</math> = Quantidade de peças transportadas para o estoque (pç)</p> <p><math>C_{etE}</math> = Consumo de energia para transporte de peças para o estoque (kWh/pç)  <math>P</math> = Potência do equipamento (kW)  <math>T_{te}</math> = Tempo de transporte para o estoque/3600 (h)</p> <p><math>R_{sE}</math> = Resíduos sólidos de transporte para o estoque (kg/pç)  <math>PR_{RefE}</math> = Peso do refugo de transporte para o estoque (kg)  <math>Q_{PE}</math> = Quantidade de peças transportadas para o estoque (pç)</p>
	<p><b>Atividade que Agrega Valor</b></p>	
	<p><b>Processamento</b></p> <p><math>T_{proc}</math> = Tempo de processamento (s/pç)  <math>T_{pff}</math> = Tempo final da produção (s)  <math>T_{pfi}</math> = Tempo primeira peça boa (s)  <math>Q_{pproc}</math> = Quantidade de peças produzidas (pç)</p> <p><math>C_e</math> = Consumo de energia de processamento (kWh/pç)  <math>P</math> = Potência do equipamento (kW)  <math>T_{proc}</math> = Tempo de processamento/3600 (h)</p> <p><math>R_{sproc}</math> = Resíduo de processamento (kg/pç)  <math>S_{proc}</math> = Sobre de processamento (kg)  <math>C_{proc}</math> = Cavaco de processamento (kg)  <math>R_{efproc}</math> = Refugo de processamento (kg)  <math>Q_{pproc}</math> = Quantidade de peças produzidas (pç)</p> <p><math>C_{mpproc}</math> = Consumo de matéria-prima de processamento (kg/pç)  <math>PP_{proc}</math> = Peso das peças produzidas (kg)  <math>Q_{pproc}</math> = Quantidade de peças produzidas (pç)</p>	<p><b>Inspeção</b></p> <p><math>T_{it}</math> = Tempo para inspeção de peças (s/pç)  <math>T_{itf}</math> = Tempo final de inspeção (s)  <math>T_{iti}</math> = Tempo inicial de inspeção (s)  <math>Q_{PI}</math> = Quantidade de peças inspecionadas (pç)</p> <p><math>C_e</math> = Consumo de energia para inspeção de peças (kWh/pç)  <math>P</math> = Potência do equipamento (kW)  <math>T_i</math> = Tempo de inspeção de peças/3600 (h)</p>

Fonte: Da autora.

### 3.4.8 Execução

Dividiu-se a execução das atividades em nível operacional e nível tático, visando o envolvimento da empresa desde o operador ao gerente no processo de aplicação da sistemática de integração. Esta divisão foi estabelecida em virtude de a autora considerar que os operadores obtêm conhecimento sob o processo de fabricação e possuem capacidade para a realização das atividades sem dificuldade e sem comprometer a produtividade. Além do mais evita a necessidade de uma pessoa externa dedicada à coleta de dados.

O nível tático foi determinado devido ser o nível responsável pelo gerenciamento das ações diárias do nível operacional e visar a melhor utilização dos recursos na empresa.

Assim, o nível operacional será responsável por executar as três primeiras atividades desta fase utilizando a ferramenta de suporte de acompanhamento de processo. Enquanto a última atividade foi designada ao nível tático, que irá executá-las por meio da ferramenta de mensuração dos indicadores *Lean-Green*.

## 3.5 2ª FASE: ANÁLISE

Esta segunda fase consiste em analisar a saída da fase anterior, ou seja, os indicadores *Lean-Green*. Assim, estes se constituem como a entrada da segunda fase.

A análise destes indicadores é realizada por meio de duas atividades, visando obter a saída desta fase, a análise das causas que resultam nestes indicadores. A realização das atividades é suportada pelo formulário para análise dos indicadores *Lean-Green* a ser utilizado pelo nível tático. Todos os componentes desta fase, denominada análise, serão apresentados a seguir.

### 3.5.1 Entrada: Indicadores *Lean-Green* do Processo

Visando estabelecer um sequenciamento lógico entre as fases, estabeleceu-se a saída da fase anterior, indicadores *Lean-Green*, como a entrada desta segunda fase. Isto porque na primeira fase foi realizada a mensuração dos indicadores por atividades presentes no processo.

### 3.5.2 Atividade 1: Verificar os Indicadores mais Representativos das Atividades que Não Agregam Valor

Consiste em averiguar por meio de comparação o indicador de mesma unidade que possui maior valor numérico relacionados a cada uma das atividades específicas, retrabalho, espera, setup, transporte de matéria-prima, transporte entre processos, que compõe as atividades desnecessárias e necessárias que não agregam valor. Caso não haja indicadores que representem as atividades que não agregam valor, devem ser verificados os indicadores com maior valor numérico referentes às atividades que agregam valor.

Para realizar esta comparação os indicadores *Lean-Green* são verificados horizontalmente, utilizando os dados do Formulário de Mensuração dos Indicadores *Lean-Green* apresentado na seção 3.4.7.

O Quadro 8 apresenta a estrutura utilizada para a comparação entre os indicadores considerando atividades desnecessárias que não agregam valor, atividades necessárias que não agregam valor e atividades que agregam valor.

Quadro 8 - Estrutura para Comparação de Indicadores *Lean-Green*.

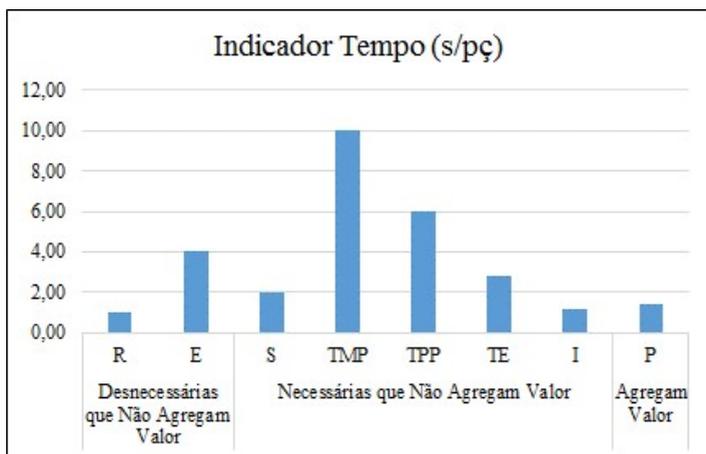
Ordem de Produção/ Código do Produto:		Atividades							
Indicadores <i>Lean-Green</i>	Unidade	Desnecessárias que Não Agregam		Necessárias que Não Agregam Valor				Agregam Valor	
		R	E	S	TMP	TPP	TE	I	P
Tempo	s/pc								
Consumo de Energia	kWh/pc								
Consumo de Matéria-Prima	kg/pc								
Quantidade de Resíduos Sólidos	kg/pc								

- R: Retrabalho; E: Espera; S: Setup; TMP: Transporte de Matéria-Prima; TPP: Transporte entre processos;
- TE: Transporte para o estoque; I: Inspeção; P: Processamento

Fonte: Da autora.

Assim, utilizando a estrutura apresentada, é possível verificar qual o indicador mais significativo e qual atividade especificamente contribui para isto. Além disso, utilizam-se gráficos de colunas como uma representação visual de cada um dos indicadores visando facilitar a compreensão dos dados (ver exemplo na Figura 20).

Figura 20 - Gráfico de Indicadores *Lean-Green* do Processo por Tipo de Atividade.



Fonte: Da autora.

Neste gráfico é ilustrado o indicador tempo para cada uma das atividades específicas, retrabalho, espera, setup, transporte de matéria-prima, transporte entre processos, transporte para o estoque, inspeção e processamento, que compõe as atividades desnecessárias que não agregam valor, atividades necessárias que não agregam valor e atividade que agrega valor, respectivamente. Possibilitando a identificação da atividade que impacta no processo.

### 3.5.3 Atividade 2: Analisar as Causas da Ocorrência dos Indicadores das Atividades que Não agregam Valor

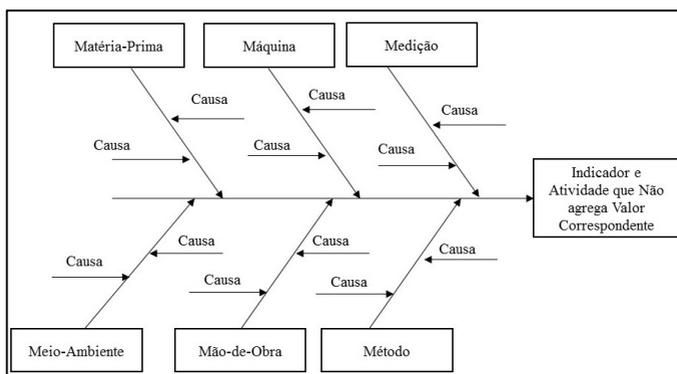
Determinado o indicador numericamente representativo e, consequentemente, a atividade de manufatura correspondente, analisa-se nesta segunda atividade as causas associadas às atividades de manufatura que o originaram. Uma vez que o indicador aponta apenas um efeito e não a causa raiz. Logo, para a realização desta análise foi utilizado o Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito.

Segundo Carvalho e Paladini (2009), o diagrama de Ishikawa é uma ferramenta gráfica que ilustra as possíveis causas que levam a um

determinado efeito, considerando seis tipos de causas principais, conhecidas como 6M's. São estas: método, máquina, medida, meio ambiente, mão-de-obra e matéria-prima.

Assim, o indicador e a atividade que não agrega valor correspondente, devem ser descritos na caixa principal e suas possíveis causas identificadas nas ramificações 6M's, conforme representado na Figura 21.

Figura 21 - Diagrama de Causa e Efeito para Análise do Indicador da Atividade que não Agrega Valor.



Fonte: Adaptado de Carvalho e Paladini (2012).

### 3.5.4 Saída: Causa dos Indicadores das Atividades que Não Agregam Valor

A saída desta segunda fase são as causas que originam os indicadores *Lean-Green*, obtidas por meio da ferramenta de suporte, a qual será detalhada a seguir.

### 3.5.5 Ferramenta de Suporte: Formulário para Análise dos Indicadores *Lean-Green*

Visando a execução prática das atividades foi desenvolvido um formulário para análise dos Indicadores *Lean-Green*, apresentado na Figura 22. Este formulário apresenta uma sequência lógica para a realização das atividades, iniciando com a verificação do indicador mais representativo referente à atividade que não agrega valor e, posteriormente, a análise das causas que originaram este indicador.

Figura 22 - Formulário para Análise de Indicadores *Lean-Green*.

	<b>FORMULÁRIO PARA ANÁLISE DOS INDICADORES <i>LEAN-GREEN</i></b>																																																																																	
<b>Processo:</b>			<b>Responsável:</b>				<b>Data:</b>																																																																											
<p>Os dados mensurados devem ser transposto para este formulário visando a verificação do indicador representativo que não agrega valor e análise das causas destas atividades.</p> <p>1) Verificação do indicador numericamente mais representativo. Primeiramente os dados mensurados na primeira fase devem ser preenchidos no Quadro 1: Indicadores por Atividade. Estes mesmos dados são representados no Gráfico 1, assim é possível identificar o indicador representativo e ao tipo de atividade que está relacionado.</p> <p>Quadro 1: Indicadores por Atividade</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Indicadores <i>Lean-Green</i></th> <th rowspan="3">Unidade</th> <th colspan="9">Atividades</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Desnecessárias que Não Agregam</th> <th colspan="5">Necessárias que Não Agregam Valor</th> <th colspan="2">Agrega Valor</th> </tr> <tr> <th>R</th> <th>E</th> <th>S</th> <th>TMP</th> <th>TPP</th> <th>TE</th> <th>I</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tempo</td> <td>s/pc</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Consumo de Energia</td> <td>kWh/pc</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Consumo de Matéria-Prima</td> <td>kg/pc</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Quantidade de Resíduos Sólidos</td> <td>kg/pc</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table> <p> <b>▪ R: Retrabalho; E: Espera; S: Setup; TMP: Transporte de Matéria-Prima; TPP: Transporte entre processos;</b>  <b>▪ TE: Transporte para o estoque; I: Inspeção; P: Processamento</b> </p> <p>Gráfico 1: Indicadores <i>Lean-Green</i></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Indicador Tempo (s/pc)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Indicador Consumo de Energia (kWh/pc)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Indicador Consumo de Matéria-Prima (kg/pc)</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>Indicador Quantidade de Resíduos Sólidos (kg/pc)</p> </div> <p>- Identificado o (s) indicador (es) mais representativos, deve-se especificá-los no campo abaixo para a realização da análise das causas.</p> <p>Indicador (es) a ser analisado: _____</p> <p>2) Para identificar as possíveis causas, define-se a ferramenta Diagrama de Causa e Efeito. Esta ferramenta considera que as causas podem ser associadas as seis possíveis causas principais (Matéria-Prima, Máquina, Medição, Meio-Ambiente, Mão-de-Obra e Método). Um roteiro simples para a utilização da ferramenta é descrito a seguir.</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> </div> <p><b>Roteiro:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>O indicador e o tipo de atividade que não agrega valor deve ser descrito no lado direito do diagrama.</li> <li>Todas as possíveis causas devem ser descritas em cada uma das seis possíveis áreas.             <ul style="list-style-type: none"> <li>Matéria-prima: qualquer causa relacionada a problemas com componentes ou matéria-prima;</li> <li>Máquina: qualquer causa relacionada a problemas com equipamentos;</li> <li>Medição: qualquer causa relacionada a equipamentos de medição do processo ou controle do processo;</li> <li>Meio-Ambiente: qualquer causa relacionada com o meio-ambiente ou local;</li> <li>Mão-de-obra: qualquer causa relacionado à falha humana ou relacionado às pessoas;</li> <li>Método: qualquer causa relacionada a forma de trabalho.</li> </ul> </li> <li>Concluída a listagem de ideias, deve-se analisar quais as causas podem impactar mais no indicador que não agrega valor.</li> </ol>											Indicadores <i>Lean-Green</i>	Unidade	Atividades									Desnecessárias que Não Agregam		Necessárias que Não Agregam Valor					Agrega Valor		R	E	S	TMP	TPP	TE	I	P	Tempo	s/pc										Consumo de Energia	kWh/pc										Consumo de Matéria-Prima	kg/pc										Quantidade de Resíduos Sólidos	kg/pc									
Indicadores <i>Lean-Green</i>	Unidade	Atividades																																																																																
		Desnecessárias que Não Agregam		Necessárias que Não Agregam Valor					Agrega Valor																																																																									
		R	E	S	TMP	TPP	TE	I	P																																																																									
Tempo	s/pc																																																																																	
Consumo de Energia	kWh/pc																																																																																	
Consumo de Matéria-Prima	kg/pc																																																																																	
Quantidade de Resíduos Sólidos	kg/pc																																																																																	

### 3.5.6 Execução

As atividades desta segunda fase foram designadas ao nível tático com o intuito de proporcionar a análise dos indicadores e visar a melhor utilização dos recursos utilizados no processo.

## 3.6 3ª FASE: MELHORIAS

Nesta última fase são definidas atividades visando a eliminação ou redução da entrada, as causas dos indicadores das atividades que não agregam valor. Apresentam-se ferramentas de suporte para auxiliar a tomada de decisão quanto à melhoria a ser aplicada e sua necessidade de investimentos, prazos e mão-de-obra.

### 3.6.1 Entrada: Causas dos Indicadores das Atividades que Não Agregam Valor

As causas das atividades que não agregam valor determinadas na segunda fase são as entradas para determinar melhorias a serem realizadas no processo. Isto porque estas causas são a origem dos indicadores das atividades de manufatura.

### 3.6.2 Atividade 1: Determinar a Aplicação dos 7R's para a Melhoria das Causas

Considerando as causas que ocasionam os indicadores das atividades que não agregam valor, esta atividade visa determinar melhorias a serem aplicadas utilizando a ferramenta denominada 7R's.

Os 7R's foi apresentado por Torielli et al. (2010) como uma técnica para integração da manufatura enxuta e verde, originada a partir da expansão do programa "3R's" (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) pela rede Walmart (2006). Desta forma, acrescentaram-se mais 4R: Remover, Renovar, Receita e Repensar, originando os "7R's de embalagens sustentáveis para fornecedores".

Apesar de terem sido criados inicialmente para a área de embalagens, os 7R's também podem ser utilizados como um processo simples aplicável a qualquer área (Torielli et al., 2010).

Assim, adaptaram-se as perguntas apresentadas por Torielli et al. (2010), a fim de determinar qual(is) “Erre(s)” podem ser aplicados visando a melhoria dos processos quanto às causas dos indicadores das atividades que não agregam valor. Estas perguntas são apresentadas a seguir:

- **Remover:** As causas dos indicadores das atividades que não agregam valor podem ser eliminadas do processo? Especificamente, causas que conduzem às atividades de retrabalho, espera, transporte e inspeção.
- **Reduzir:** As causas dos indicadores das atividades que não agregam valor podem ser reduzidas? Incluem-se causas relacionadas às atividades de setup, transporte e inspeção.

Podem ocorrer a geração de resíduos sólidos mesmo após a redução das causas. Portanto, foi estabelecida a aplicação de quatro Erres especificamente, os quais são:

- **Reutilizar:** Os resíduos indicados devido às atividades que não agregam valor podem ser aproveitados em sua forma original no processo ou em outros processos? Resíduos de sobra de matéria-prima e refugos provenientes das atividades de *setup* e transportes de matéria-prima, entre processos e para o estoque.

- **Reciclar:** Os resíduos indicados devido às atividades que não agregam valor podem ser transformados por meio de alteração de suas propriedades em insumos ou novos produtos? Estes resíduos são: sobras de matéria-prima, refugos e cavaco resultantes das atividades de *setup* e transportes de matéria-prima, entre processos e para o estoque.

- **Renovável:** A matéria-prima utilizada na atividade de processamento pode ser de fontes renovável ou biodegradável? Assim, a matéria que não pode ser reduzida, reutilizada, reciclada ou removida terá menor impacto ambiental.

- **Receita:** Os resíduos indicados devido às atividades que não agregam valor podem ser vendidos? Assim, não sendo aplicáveis os erres mencionados anteriormente, verifica-se que os resíduos: sobras de matéria-prima, cavacos ou refugos podem ser vendidos gerando receita para a empresa.

O último erre que pode ser aplicado é Repensar, em que não sendo aplicável nenhum dos erres anteriores é necessária uma nova solução.

- **Repensar:** As causas dos indicadores que não agregam valor podem ser melhoradas de outra forma? Por exemplo, a venda de produtos

considerados sucatas serem vendidos como produto novo, porém com valor menor devido a um defeito.

Desta forma, pode-se determinar a aplicabilidade de cada um dos 7Rs para cada indicador, atividade e causa. O Quadro 9 apresenta a estrutura utilizada para a determinação dos 7Rs.

Quadro 9 - Estrutura Aplicada para Determinação do 7R's.

Indicador	Tipo de Atividade	Causa	Reduzir	Reutilizar	Reciclar	Remover	Renovar	Receita	Repensar

Fonte: Da autora.

### 3.6.3 Atividade 2: Especificar as Melhorias de Acordo com o “R” Selecionado

Após a seleção do erre aplicável, deve-se especificar como será realizada a melhoria. Assim, relaciona-se o indicador analisado, a atividade que não agrega valor relacionada, a causa e a melhoria a ser aplicada de acordo com o erre selecionado. O Quadro 10 apresenta a estrutura a ser utilizada para especificação da melhoria.

Quadro 10 - Especificação das Melhorias relacionadas com o Erre Selecionado.

Indicador	Tipo de Atividade	Causa	Melhorias

Fonte: Da autora.

### 3.6.4 Atividade 3: Analisar a Viabilidade da Melhoria quanto a Custo, Prazo e Mão-de-Obra

Após especificar a melhoria a ser adotada, analisa-se a sua viabilidade para aplicação no processo produtivo. Isto porque as melhorias indicadas na fase anterior podem ser viáveis ambientalmente e agrega valor, mas possuir alto custo para implantação. Desta forma, consideram-se três

critérios para a análise de viabilidade, baseado nas características para aplicação de ferramentas em micro e pequenas empresas, são estes:

- Custo: consiste em estimar o valor a ser investido para a implantação da melhoria;
- Prazo: compreende na estimação do tempo requerido para a implantação da melhoria;
- Mão-de-obra: consiste em estimar o número de funcionários necessários para a implantação da melhoria.

Assim, deve-se analisar estas informações antes de qualquer melhoria ser aplicada efetivamente.

### 3.6.5 Saída: Avaliação Técnica das Melhorias

A saída desta terceira e última fase são as avaliações das melhorias quanto a custo, prazo e mão-de-obra antes de sua aplicação. Assim, o responsável possui todas as informações necessárias para avaliar quais melhorias podem ser aplicadas e o impacto de cada uma destas.

### 3.6.6 Ferramenta de Suporte: Formulário para Identificação de Melhorias e Análise de Viabilidade de Aplicação

As atividades descritas nesta última fase devem ser executadas com auxílio do formulário para identificação de melhorias e viabilidade de aplicação, representado na Figura 23. O formulário inclui a identificação dos 7R's a ser aplicado, especificação da melhoria conforme o erro selecionado e, por último a análise da melhoria antes da sua aplicação.

Figura 23 - Ferramenta de Suporte: Formulário para Identificação e Análise da Viabilidade de Melhorias de Processo.

		FORMULÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DA VIABILIDADE DE MELHORIAS DE PROCESSO																																																																																																																																																																																																													
<b>Processo:</b>		<b>Responsável:</b>				<b>Data:</b>																																																																																																																																																																																																									
<p>* Identificadas as causas dos indicadores das atividades que não agregam valor, neste formulário é apresentada a ferramenta 7R's para identificação da possibilidade de melhorias. Além disso, deve-se especificar as melhorias de acordo com a opção da ferramenta e analisar a viabilidade da implementação no processo.</p> <p>* Analisada a (s) causa (s) das atividades que não agregam valor, determina-se quais 'R' podem ser aplicados. Cada um destes 7R's é apresentado abaixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Remover:</b> As causas dos indicadores das atividades que não agregam valor podem ser eliminadas do processo? Especificamente, causas que conduzem as atividades de retrabalho, espera, transporte e inspeção.</li> <li>• <b>Reduzir:</b> As causas dos indicadores das atividades que não agregam valor podem ser reduzidas? Causas relacionadas as atividades de setup, transporte e inspeção.</li> <li>• <b>Reutilizar:</b> Os resíduos indicados devido às atividades que não agregam valor podem ser aproveitados em sua forma original no processo ou em outros processos? Resíduos de sobra de matéria-prima e refugos provenientes das atividades de setup e transportes de matéria-prima, entre processos e para o estoque.</li> <li>• <b>Reciclar:</b> Os resíduos indicados devido às atividades que não agregam valor podem ser transformados por meio de alteração de suas propriedades em insumos ou novos produtos? Estes resíduos são: sobras de matéria-prima, refugos e cavaco resultantes das atividades de setup e transportes de matéria-prima, entre processos e para o estoque.</li> <li>• <b>Renovável:</b> A matéria-prima utilizada na atividade de processamento pode ser de fontes renovável ou biodegradável? Assim, a matéria que não pode ser reduzida, reutilizada, reciclada ou removida terá menor impacto ambiental.</li> <li>• <b>Receita:</b> Os resíduos indicados devido às atividades que não agregam valor po-dem ser vendidos? Assim, não sendo aplicáveis os erros mencionados anteriormente, verifica se que os resíduos: sobras de matéria-prima, cavacos ou refugos podem ser vendidos gerando receita para a empresa.</li> <li>• <b>Repensar:</b> As causas dos indicadores que não agregam valor podem ser melhoradas de outra forma? Por exemplo, a venda de produtos considerados sucatas serem vendidos como produto novo, porém com valor menor devido a um defeito.</li> </ul> <p>* Assinalar com X os 'R' que podem ser aplicados visando a melhoria das causas das atividades que não agregam valor.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Indicador</th> <th>Tipo de Atividade</th> <th>Causa</th> <th>Reduzir</th> <th>Reutilizar</th> <th>Reciclar</th> <th>Remover</th> <th>Renovar</th> <th>Receita</th> <th>Repensar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <p>* Determinadas os 'Erres' que podem ser aplicados, deve-se especificar a melhoria referente ao erre selecionado.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Indicador</th> <th>Tipo de Atividade</th> <th>Causa</th> <th>Melhorias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <p>* Determinadas as melhorias, analisa-se a viabilidade de cada uma destas quanto aos recursos que devem ser empregados custo, prazo e necessidade de mão-de-obra.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Custo: consiste em estimar o valor a ser investido para a implantação da melhoria;</li> <li>- Prazo: compreende na estimação do tempo requerido para a implantação da melhoria;</li> <li>- Mão-de-obra: consiste em estimar o número de funcionários necessários para a implantação da melhoria.</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Melhorias</th> <th>Custo</th> <th>Prazo</th> <th>Mão-de-Obra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>										Indicador	Tipo de Atividade	Causa	Reduzir	Reutilizar	Reciclar	Remover	Renovar	Receita	Repensar																																																																																																					Indicador	Tipo de Atividade	Causa	Melhorias																																									Melhorias	Custo	Prazo	Mão-de-Obra																																								
Indicador	Tipo de Atividade	Causa	Reduzir	Reutilizar	Reciclar	Remover	Renovar	Receita	Repensar																																																																																																																																																																																																						
Indicador	Tipo de Atividade	Causa	Melhorias																																																																																																																																																																																																												
Melhorias	Custo	Prazo	Mão-de-Obra																																																																																																																																																																																																												

Fonte: Da autora.

### 3.6.7 Execução

A execução das atividades desta última fase é designada ao nível tático, uma vez que são informações pertinentes à melhoria de processos e que apenas podem ser alteradas por este nível juntamente ao nível estratégico.

Apresentada a composição da estrutura da sistemática de integração *Lean-Green* para MPEs, no próximo capítulo serão descritas a aplicação desta nas empresas do setor metal-mecânico.

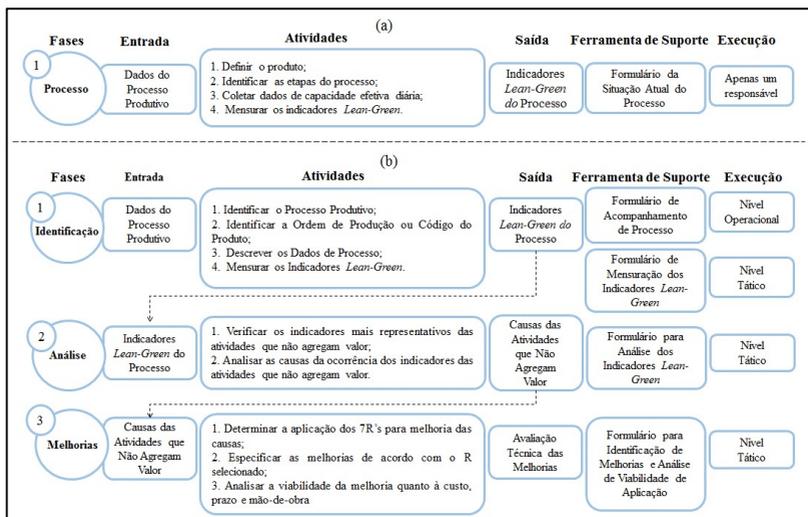
## 4 APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA PARA INTEGRAÇÃO LEAN-GREEN PARA MICRO E PEQUENAS EMPRESAS

Neste capítulo é apresentado o setor selecionado para a aplicação da sistemática, no caso o setor metal-mecânico, a descrição das empresas e a aplicação da sistemática.

A aplicação é dividida em duas etapas: a primeira consiste na aplicação piloto da primeira fase da sistemática realizada pela pesquisadora, e a segunda na aplicação de todas as fases da sistemática realizada por meio de uma pesquisa ação. Esta divisão foi estabelecida devido à aplicação piloto permitir a pesquisadora avaliar a primeira fase proposta e refletir melhorias as fases da sistemática. Enquanto, a pesquisa-ação consiste na aplicação da sistemática pelos participantes da empresa em um processo participativo entre estes e a pesquisadora, visando identificar dificuldades e implementar soluções no decurso da pesquisa, de acordo com as características descritas por Thiollent (1986).

A Figura 24 (a) apresenta a primeira fase da aplicação piloto e a Figura 24 (b) a sistemática em sua totalidade aplicado na segunda etapa.

Figura 24 - Aplicação piloto da primeira fase (a) e aplicação de todas as fases da sistemática (b).



Fonte: Da autora.

Tendo em vista que a sistemática para integração *Lean-Green* para MPEs foi descrito detalhadamente no capítulo 3, a primeira fase adota na aplicação piloto será descrita a seguir.

A Figura 24(a), consiste na obtenção dos indicadores *Lean-Green* do processo, mediante a realização das seguintes atividades:

1. Definir o produto: consiste na determinação de um produto ou família de produtos com produção em série.

2. Identificar as etapas do processo produtivo: consiste em nomear as etapas do processo necessárias para a manufatura do produto.

3. Coletar dados de capacidade efetiva diária: corresponde a obter os dados de horas de trabalho por dia e tempo de paradas programadas para calcular a capacidade efetiva diária por meio da equação 4.1.

$$Cap. Ef. = T. Dia - T. P Prog., \quad (4.1)$$

Onde:

- *Cap. Ef.* = capacidade efetiva diária (s);
- *T. Dia* = horas de trabalho por turno (s);
- *T. P Prog.* = tempo de paradas programadas (s).

4. Mensuração dos indicadores *Lean-Green*: consiste em medir no processo os indicadores *Lean-Green*, de acordo com suas respectivas classificações de atividade e recursos baseados no valor. O Quadro 11 apresenta estes indicadores e seus respectivas abreviaturas utilizadas na ferramenta de suporte.

Apesar dos distintos tipos de atividades presentes na associação *Lean-Green* apresentados na seção 3.2, a mensuração dos indicadores do Quadro 3 é semelhante. Assim, esta tarefa corresponde a determinar a forma de mensurar cada um dos indicadores.

Nesta primeira fase, o indicador tempo é medido na unidade segundos utilizando um cronômetro para cada produto manufaturado. Para o indicador consumo de energia é feita em quilowatts, utilizando um alicate wattímetro, segundo Wills (2009), no instante que o produto é manufaturado.

O indicador de consumo de matéria-prima é medido em quilogramas, utilizando uma balança para medir a quantidade consumida para a manufatura de um produto.

Para os indicadores quantidade de cavaco, sobra e refugos estes devem identificados no processo para a produção de cada peça e medidos por meio de uma balança na unidade quilogramas.

Quadro 11 - Classificação dos indicadores por Tipo de Atividade e Recurso.

<b>Atividades e Recursos</b>	<b>Indicador</b>	<b>Abreviatura</b>
Atividades e Recursos Necessários que Não Agregam Valor	Tempo de Transporte de Matéria-Prima	T. Transp MP
	Consumo de Energia	Cons. Ener.
	Quantidade de Refugo	Qtd. Ref.
	Tempo de Setup	T. Set.
	Consumo de Energia	Cons. Ener.
	Consumo de Matéria-Prima	Cons. MP
	Quantidade de Cavaco	Qtd. Cav.
	Quantidade de Sobra	Qtd. Sob.
	Quantidade de Refugo	Qtd. Ref.
	Tempo de Transporte entre Processos	T. Transp. P.
	Consumo de Energia	Cons. Ener.
	Quantidade de Refugo	Qtd. Ref.
	Tempo de Inspeção	T. Insp.
	Consumo de Energia	Cons. Ener.
Atividade e Recursos que Agregam Valor	Tempo de Processo	T. Proc.
	Consumo de Energia	Cons. Ener.
	Consumo de Matéria-Prima	Cons. MP
Atividade e Um Recurso que Não Agrega Valor	Tempo de Processo	T. Proc.
	Consumo de Energia	Cons. Ener.
	Consumo de Matéria-Prima	Cons. MP
	Quantidade de Cavaco	Qtd. Cav.
	Quantidade de Refugo	Qtd. Ref.
Atividades e Recursos Desnecessários que Não Agrega Valor	Tempo de Retrabalho	T. Retr.
	Consumo de Energia	Cons. Ener.
	Consumo de Matéria-Prima	Cons. MP
	Quantidade de Cavaco	Qtd. Cav.
	Quantidade de Sobra	Qtd. Sob.
	Quantidade de Refugo	Qtd. Ref.
	Tempo de Espera	T. Esp.
	Consumo de Energia	Cons. Ener.
	Consumo de Matéria-Prima	Cons. MP
	Quantidade de Cavaco	Qtd. Cav.
	Quantidade de Sobra	Qtd. Sob.
Quantidade de Refugo	Qtd. Ref.	

Fonte: Da autora.

As atividades são realizadas por meio da ferramenta de suporte, denominada formulário da situação atual do processo, o qual é executado por apenas um responsável. A Figura 25 apresenta o formulário de processo e a identificação das atividades de acordo com a numeração descrita anteriormente. Além destes, o formulário inclui o responsável e a data de realização da mensuração representados pelo número 5.



No entanto, para a sistemática representado na Figura 24(b), ocorreram alterações na primeira fase visando a identificação do processo independente do produto manufaturado. Esta alteração ocorreu em virtude do número reduzido de produtos com produção em série, o que dificultou a mensuração dos indicadores na aplicação piloto.

Constatou-se ainda que as micro e pequenas empresas pesquisadas e as demais contatadas possuem mais produtos sob encomenda do que produção em série. Além disso, a quantidade de peças produzidas em série é reduzida.

As alterações também foram realizadas no formulário de processo, pois ocorreram dificuldades no seu preenchimento quando realizada a aplicação piloto.

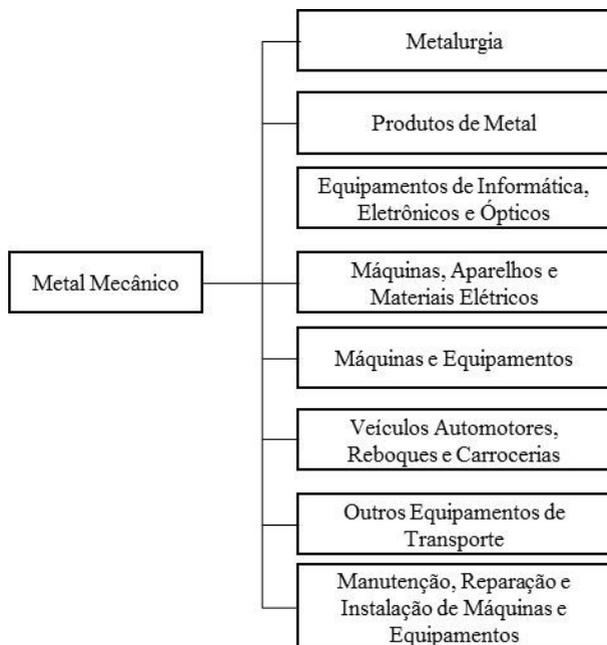
Nas próximas seções são apresentados o setor metal-mecânico, aplicação piloto em duas MPEs e aplicação da sistemática em apenas uma MPE. Realiza-se ao final de cada aplicação uma análise dos resultados da aplicação piloto da fase e da aplicação da sistemática nas MPEs.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR METAL-MECÂNICO

O setor metal-mecânico foi selecionado para aplicação da sistemática desenvolvida devido sua importância na manufatura de produtos e ao emprego dos conhecimentos e técnicas da engenharia mecânica nesta área.

De acordo com a Federação das Indústrias do Paraná (FIEPR, 2016), o setor metal-mecânico abrange todos os setores que realizam a transformação de metais e seus derivados, estes setores são representados na Figura 25.

Figura 26 - Representação dos Componentes do Setor Metal-mecânico.



Fonte: IBGE (2016).

Em virtude da diversidade de setores que compõe o setor metal-mecânico, restringiu-se à aplicação da sistemática ao setor de produtos de metal devido à facilidade de acesso a empresas localizadas na região da Grande Florianópolis. No entanto o setor de produtos de metal ainda possui uma subdivisão como apresentado no Quadro 12.

Quadro 12 - Grupos e Classes do Setor de Produtos de Metal. (continua)

Estruturas Metálicas e Caldeiraria	Fabricação de estruturas metálicas
	Fabricação de esquadrias de metal
	Fabricação de obras de caldeiraria pesada
Tanques e Caldeiras	Fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central
	Fabricação de caldeiras geradoras de vapor, exceto para aquecimento central e para veículos
Forjaria e Metalurgia do Pó	Produção de forjados de aço e metais não-ferrosos e suas ligas

	Produção de artefatos estampados de metal; metalurgia do pó
	Serviços de usinagem, solda, tratamento e revestimentos em metais
Cutelaria e Ferramentas	Fabricação de artigos de cutelaria
	Fabricação de artigos de serralheria, exceto esquadrias
	Fabricação de ferramentas
Armas e Munições	Fabricação de equipamentos bélicos pesados, armas e munições
Outros Produtos de Metal	Fabricação de embalagens metálicas
	Fabricação de produtos trefilados de metal
	Fabricação de artigos de metal para uso doméstico e pessoal
	Fabricação de produtos trefilados de metal não especificados anteriormente

Fonte: IBGE (2016).

Considerando esta subdivisão do setor de produtos de metal as empresas dispostas à aplicação da sistemática se enquadram no grupo Estruturas Metálicas e Caldeiraria, e Cutelaria e Ferramentas. Ademais, pertencem respectivamente às classes de fabricação de estruturas metálicas e fabricação de artigos de serralheria, exceto esquadrias. Cada uma das empresas será descrita na próxima seção.

#### 4.3 DESCRIÇÃO DA EMPRESA Z - FABRICANTE DE ARTIGOS DE ESTRUTURAS METÁLICAS

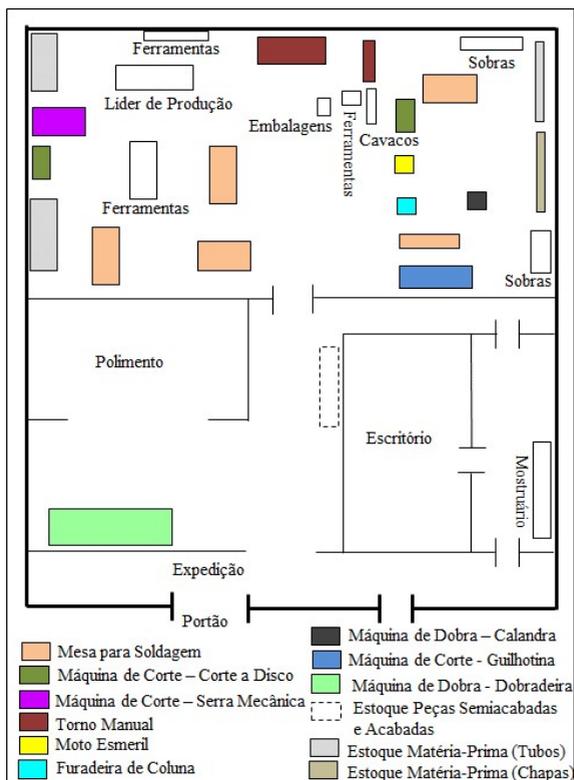
A primeira empresa em que foi realizada a aplicação piloto classifica-se como uma microempresa nacional sediada no município de São José, na região da Grande Florianópolis. Foi fundada nos anos 2000 com uma administração familiar, mas atualmente é administrada profissionalmente e possui um total de 11 funcionários. Os principais clientes desta empresa são de Florianópolis e Grande Florianópolis.

A empresa Z fabrica produtos em aço inox sob encomenda como: bancadas, barras de apoio, caixa hidrante, caixa de correio, coifas, colunas para muro, corrimão, escada, tubos giratórios com suporte para televisão ou monitor, guarda-corpo com travessas ou vidro, kit box banheiro, kit

pivotante para porta, lavatórios, mesas (centro, jantar, trabalho), mictórios, puxadores (circular, quadrado e retangular). Além disso, atua no desenvolvimento e execução de projetos personalizados.

O layout da empresa Z é apresentado na Figura 27, seus processos produtivos são dispostos em layout funcional. Os processos produtivos presentes são: corte em serra mecânica, corte em guilhotina linear, dobramento de tubos, usinagem e polimento.

Figura 27 - Layout da Empresa Z de Estruturas Metálicas.



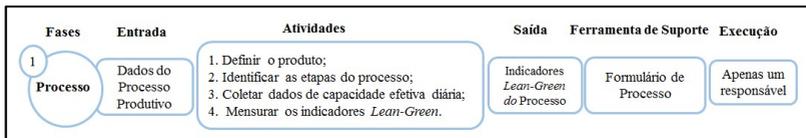
Fonte: Da autora.

A seguir será apresentada a aplicação da sistemática na empresa descrita.

#### 4.4 APLICAÇÃO PILOTO DA FASE 1: EMPRESA Z - FABRICANTE DE ARTIGOS DE ESTRUTURAS METÁLICAS

A aplicação piloto da fase 1, representada na Figura 28, foi realizada na empresa Z no mês de novembro de 2016. Tendo dois dias de duração, um para apresentação do trabalho a ser realizado e o outro para a realização das atividades da fase.

Figura 28 – Estrutura da Fase 1: Processo.



Fonte: Da autora.

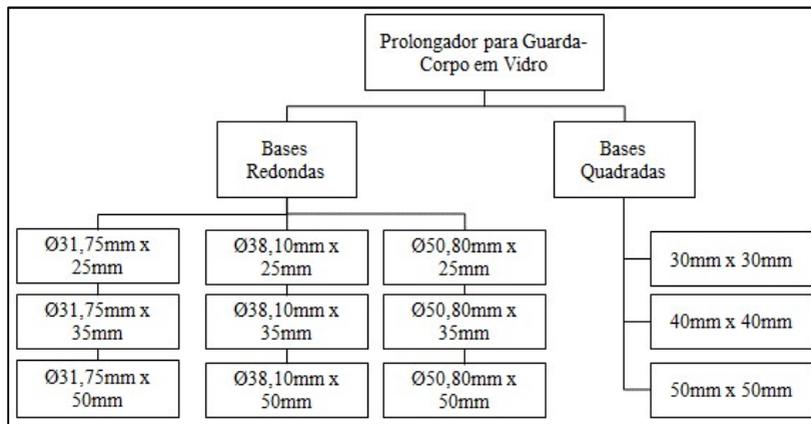
Nas próximas seções cada uma das atividades e a ferramenta de suporte serão descritas considerando dados da empresa Z.

##### 4.4.1 Atividade 1: Definir o Produto

Considerou-se juntamente com o gestor de projetos uma família de produtos com uma produção regular mensal em série. Determinando-se assim a família de prolongadores para vidros, com produção média de 40 peças por mês.

Os prolongadores podem ter bases redondas ou quadradas, possuindo variações de diâmetro e comprimentos para cada uma destas, como apresentado na Figura 29.

Figura 29 - Família de Prolongadores da Empresa Z.



Fonte: Da autora.

No mês de aplicação e meses posteriores não existiam ordens de produção de nenhum dos modelos, e os produtos em processos eram de projetos personalizados. No entanto, a empresa produziu 5 prolongadores de bases redondas modelo  $\varnothing 38,10\text{mm} \times 25\text{mm}$  para a realização da aplicação.

Cada um dos prolongadores é composto por 7 componentes, como apresentado no Quadro 13 e, destes, somente dois componentes são submetidos a processos internos: a base do prolongador e a barra roscada, itens 1 e 7 respectivamente. Os demais componentes são comprados do fornecedor e montados juntamente com componentes produzidos internamente.

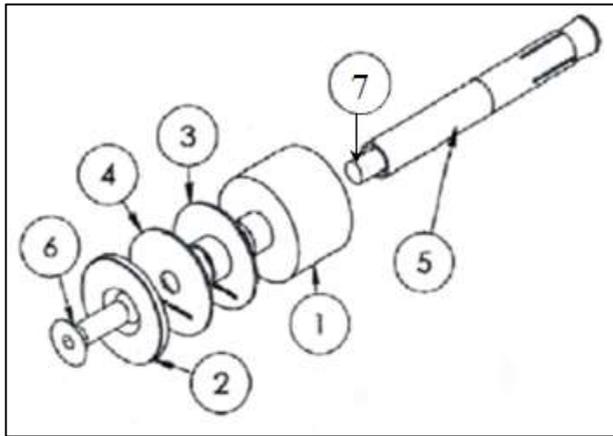
Quadro 13 - Componentes do Prolongador de Base Redonda para Vidro.

Item	Componente	Quantidade
1	Base Redonda	1
2	Tampa	1
3	PPM006	1
4	PPM033	1
5	Capa da Barra Roscada	1
6	Parafuso	1
7	Barra Roscada	1

Fonte: Empresa Z (2016).

A representação da vista explodida dos componentes é representada na Figura 30.

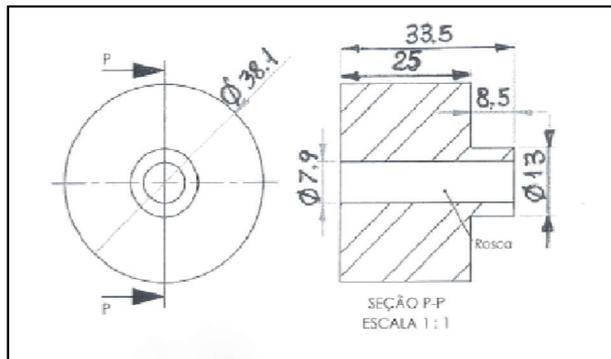
Figura 30 - Vista Explodida dos Componentes do Prolongador de Base Redonda.



Fonte: Empresa Z (2016).

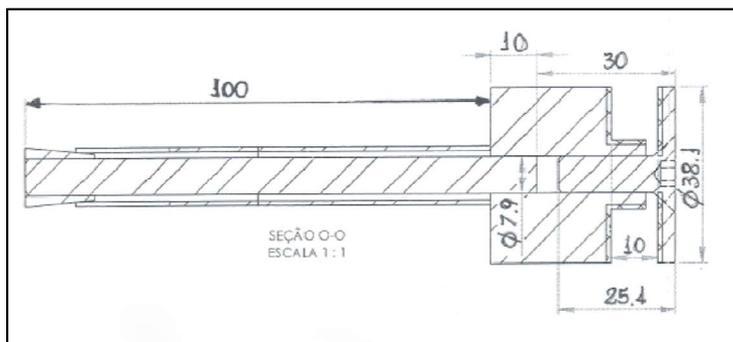
As especificações dos componentes, base redonda e barra roscada, produzidos internamente são apresentadas na Figura 31 e Figura 32, respectivamente.

Figura 31 - Especificações Dimensionais - Base Redonda  $\varnothing 38,10\text{mm} \times 25\text{mm}$ .



Fonte: Empresa Z (2016).

Figura 32 - Especificações Dimensionais - Barra Roscada  $\varnothing 7,0\text{mm} \times 110\text{mm}$ .



Fonte: Empresa Z (2016).

Assim, com a colaboração da empresa Z, foi definido um produto e, a seguir, serão apresentadas as demais atividades que compõe a fase 1.

#### 4.4.2 Atividade 2: Identificar as Etapas do Processo

Determinado o produto e modelo, identificaram-se as etapas do processo produtivo necessárias para a fabricação do prolongador  $\varnothing 38,10\text{mm} \times 25\text{mm}$ . As etapas são apresentadas conforme foram realizadas, sendo apresentadas primeiramente as etapas dos componentes de fabricação interna, base redonda e barra rosca e, logo após, as etapas para fabricação do produto final, o prolongador.

A Figura 33 apresenta as etapas de processo para a fabricação do componente: base redonda  $\varnothing 38,10\text{mm} \times 25\text{mm}$ .

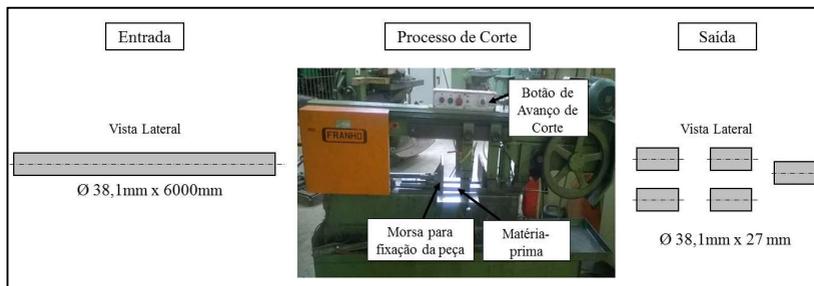
Figura 33 - Etapas de Processo da Base Redonda  $\varnothing 38,10\text{mm} \times 25\text{mm}$ .



Fonte: Empresa Z (2016).

A primeira etapa consiste em cortar uma barra redonda trefilada de aço inox AISI 304, diâmetro 38,1mm e comprimento 6000mm, em 5 peças de tamanho de 27 mm de comprimento utilizando uma serra mecânica gravitacional manual. A Figura 34 ilustra o processo de corte em serra mecânica.

Figura 34 - Ilustração do Processo de Corte: Base Redonda.

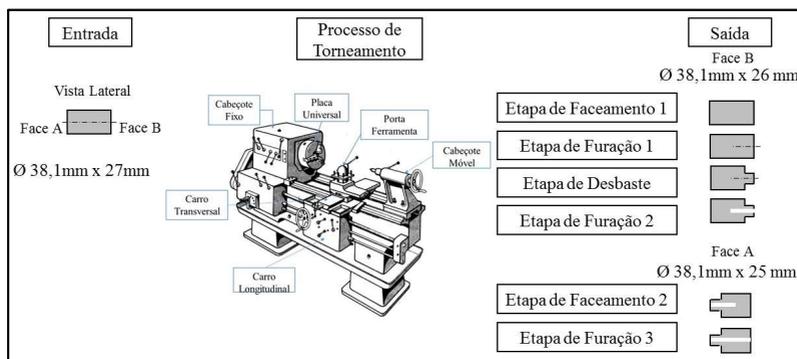


Fonte: Da autora.

Para a execução desta etapa o operador insere a barra redonda na máquina e ajusta a morsa para fixar a barra. Após a fixação é ajustado o avanço de corte acionando assim a máquina para realização do corte. Como esta máquina opera somente quando necessário, o operador não é dedicado a este processo e executa também operações de soldagem.

Após o corte, a barra cortada segue para o processo de torneamento, a qual passará pelas seguintes etapas: faceamento 1, furação 1, desbaste, furação 2, faceamento 2 e furação 3. A Figura 35 ilustra estas etapas de processo para uma peça manufaturada, uma vez que para as quatro peças cortadas as etapas são semelhantes.

Figura 35 - Representação das Etapas de Processo no Torneamento: Barra Redonda.



Fonte: Da autora.

A peça cortada possui duas faces, denominadas neste trabalho Face A e Face B para melhor descrição das etapas de processo. A Face B é submetida primeiramente à etapa de faceamento 1, para remoção de material e planificação da face. A seguir é realizada a furação 1, que consiste na furação do furo de centro, sendo um passo prévio para o furo de  $\varnothing 7,9$  mm especificado na Figura 32. Esta face ainda é submetida a etapa de desbaste para realização do rebaixo e, por fim, é realizada a etapa de furação 2 para furação do furo de  $\varnothing 7,9$  mm até a metade da peça.

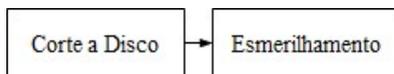
Para a Face A o operador retira a peça da placa universal e a fixa pela Face B. Então realiza-se a etapa de faceamento 2 deixando a peça na medida de 25mm. Por último realiza-se a furação 3, na qual executa-se o furo de  $\varnothing 7,9\text{mm}$  até o limite deixado pela furação 2.

O último processo da base redonda é o rosqueamento no furo realizado na face B, que consiste em fazer uma rosca interna passante utilizando um macho com auxílio de uma rosqueadeira pneumática.

As etapas de torneamento e rosqueamento são executadas apenas por um operador.

A Figura 36 apresenta as etapas de processo de fabricação do componente: barra rosçada  $\varnothing 7,0\text{mm} \times 110\text{mm}$ .

Figura 36 - Etapas de Processo da Barra Roscada  $\varnothing 7,9\text{mm} \times 110\text{mm}$ .



Fonte: Empresa Z (2016).

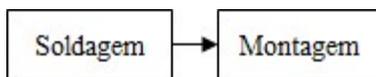
O processo de corte a disco consiste em cortar a barra rosca de diâmetro 7,9mm e 6000mm de comprimento em 5 peças no tamanho de 110 mm de comprimento.

As cinco peças cortadas são transportadas para o processo de esmerilhamento, visando a retirada de cantos vivos utilizando um moto esmeril.

Finalizado as etapas de fabricação dos componentes internos, base redonda e barra rosca, estas peças são enviadas para o processo de fabricação do produto final.

Para a fabricação do produto final, prolongador  $\varnothing 38,10\text{mm} \times 25\text{mm}$ , são necessárias duas etapas. Estas etapas finais de processo são apresentadas na Figura 37.

Figura 37 - Etapas de Processo do Prolongador  $\varnothing 38,10\text{mm} \times 25\text{mm}$ .



Fonte: Empresa Z (2016).

A etapa de soldagem compreende na solda da barra rosca à base redonda. Finalizada esta etapa, ocorre a montagem dos seguintes componentes: capa da barra rosca, PPM006, PPM033, tampa e parafuso, resultando no prolongador  $\varnothing 38,10\text{mm} \times 25\text{mm}$ .

As etapas de soldagem e montagem são realizadas no mesmo posto de trabalho e pelo operador que realizou o processo de corte em serra mecânica. Assim, para manufatura deste produto trabalham dois operadores no total.

#### 4.4.3 Atividade 3: Coletar dados de capacidade efetiva diária

Identificada as etapas do processo produtivo, verificou-se que a empresa Z trabalha de segunda a sexta-feira em apenas um turno para todos os processos. Os dados de horas trabalhadas e tempo de paradas

programadas diários foram coletados para verificar a capacidade real do processo, sendo apresentados no Quadro 14.

Quadro 14 - Dados de Horário de Trabalho e Paradas Programadas da Empresa Z.

<b>Empresa</b>	<b>Horário de Trabalho</b>	<b>Paradas Programadas</b>
Z	07h30min -18h15min	01h30min (Almoço)
		00h30min (Intervalo pela manhã e tarde)

Fonte: Empresa Z (2016).

Os dados coletados são representados no formulário de processo conforme Quadro 15, sendo calculada a capacidade efetiva diária da empresa pela diferença entre o horário de trabalho e paradas programadas, resultando assim em 31500 segundos ou 09h15min.

Quadro 15 - Capacidade Efetiva Diária da Empresa Z.

	horas	minutos	segundos
T. Dia:	10	45	38700
T. P Prog.	1	60	7200
Cap. Ef.:	31500 s		

Fonte: Da autora.

Realizada esta atividade, a seguir será apresentada a última atividade que compõe a fase 1.

#### 4.4.4 Atividade 4: Mensurar os indicadores *Lean-Green*

As etapas de processo foram medidas sequencialmente pela pesquisadora, sendo descritos apenas os nomes de cada um destes sem distinguir componente e produto final.

Os indicadores *Lean-Green* medidos para cada uma das etapas do processo foram: tempo e quantidade de cavaco, devido ao número de peças limitados. Para realizar estas medições foi utilizado a função cronômetro de um aparelho celular e uma balança de até 1kg, ilustrada no Apêndice E.

Os indicadores medidos no geral, em todas as etapas de processo foram: tempo de transporte de matéria-prima, tempo de *setup*, tempo de transporte entre processos, inspeção e tempo de processo.

O indicador quantidade de cavaco foi medido apenas para os processos de corte e torneamento porque consideram-se os processos com maior presença de cavaco e mais facilidade de segregação destes para pesagem. A quantidade de cavaco gerado nas etapas de processo de torneamento foi medida no final do processo de furação 3 por ter sido realizada no mesmo torno.

Todos os indicadores foram medidos a cada peça manufaturada, quando não era viável realizar esta medição o valor medido era dividido pela quantidade de peças manufaturadas. Esta situação ocorreu para o indicador de transporte de matéria-prima e transporte entre processos das seguintes etapas: faceamento 1, rosqueamento, corte a disco, esmerilhamento, soldagem e montagem, e também para a quantidade de cavaco gerada nos processos e corte em serra mecânica e torneamento.

Todos os valores medidos serão representados na próxima seção na ferramenta de suporte, e apresentados detalhadamente no apêndice F.

#### 4.4.5 Ferramenta de Suporte: Formulário da Situação Atual do Processo

O formulário da situação atual do processo foi utilizado para a realização de todas as quatro atividades, sendo preenchido pela autora.

A Figura 38 apresenta o formulário da situação atual do processo preenchido, devido ao número de campos para os indicadores este abrange as etapas de corte em serra mecânica, faceamento 1, faceamento 1, furação 1, desbaste, furação 2, faceamento 2, furação 3, rosqueamento e corte a disco. As etapas de esmerilhamento, soldagem e montagem são apresentadas no formulário da Figura 39.



Figura 39 - Formulário da Situação Atual do Processo do Produto Prolongador ø38,10mm x 25mm.

PRODUTO: Prolongador ø38,10mm x 25mm		FORMULÁRIO DA SITUAÇÃO ATUAL DO PROCESSO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
ETAPAS DE PRODUÇÃO		* Descrever em cada retângulo cada uma das etapas do processo do produto																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Esmerilhamento		Soldagem				Montagem																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
<p><b>CAPACIDADE EFETIVA DIÁRIA</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>hora</th> <th>min</th> <th>segundos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T. Dia:</td> <td>10</td> <td>45</td> <td>30/00</td> </tr> <tr> <td>T. P. Prod.</td> <td>1</td> <td>60</td> <td>7/00</td> </tr> <tr> <td>Cap. Ef.:</td> <td>3</td> <td>1500</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Os dados devem ser informados corretamente em horas e minutos, pois a conversão é realizada automaticamente para segundos</p> <p>* T. Dia: total de horas de trabalho por dia                  * T. P. Prod: tempo de parada programada, como refeições, intervalos, limpeza e reuniões                  * Cap. Ef.: T. Tempo - T. P. Prod.</p>													hora	min	segundos	T. Dia:	10	45	30/00	T. P. Prod.	1	60	7/00	Cap. Ef.:	3	1500																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	hora	min	segundos																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
T. Dia:	10	45	30/00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
T. P. Prod.	1	60	7/00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Cap. Ef.:	3	1500																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<p><b>DADOS DE MANUFATURA ENXUTA E VERDE</b></p> <p>* Todos os tempos devem ser medidos utilizando um cronômetro em segundos por peça.                  * T. Proc.: é o tempo de processamento da matéria-prima em material semi-acabado ou acabado.                  * T. Retn.: é o tempo direcionado a correção de peças por problemas dimensionais ou de qualidade.                  * T. Esp.: é o tempo correspondente a ociosidade de mão-de-obra ou de equipamento devido a atraso na chegada do material ou disponibilidade de outros recursos.                  * T. Set.: é o tempo correspondente a para preparação da máquina para fabricação de uma produção até a primeira peça boa do processo.                  * T. Transp.: é o tempo correspondente ao movimento dos materiais entre as máquinas.                  * T. Insp.: é o tempo correspondente a realização da inspeção do material acabado ou semiacabado do processo.</p> <p>* Cons. Ener.: corresponde ao consumo de energia dispendido para cada atividade, pode ser medido utilizando a potência do equipamento, alicate amperímetro ou alicate amperímetro. Sendo a unidade de medida quilowatts por peça.                  * Cons. MP.: corresponde ao consumo de material utilizado para cada atividade.                  * Qtd. Cav.: consiste na quantidade de cavaco gerado em cada atividade.                  * Qtd. Sob.: consiste na sobre de material residual de cada atividade.                  * Qtd. Ref.: consiste na quantidade de material semiacabado ou acabado que não atende a especificações dimensionais ou de qualidade e não pode ser retrabalhada.                  * Cons. MP., Qtd. Cav., Qtd. Sob., Qtd. Ref.: é medido em quilogramas por peça por meio de uma balança.</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Esmerilhamento</th> <th>Soldagem</th> <th>Montagem</th> <th>Nome do Processo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Atividade e Rec. N NAV</td> </tr> <tr> <td>T. Transp MP (s): 2</td> <td>T. Transp MP (s): -</td> <td>T. Transp MP (s): 5</td> <td>T. Proc. (s): -</td> </tr> <tr> <td>Cons. Ener. (kW): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Ref. (kg): -</td> </tr> <tr> <td>T. Set. (s): -</td> <td>T. Set. (s): 6</td> <td>T. Set. (s): -</td> </tr> <tr> <td>Cons. Ener. (kW): -</td> </tr> <tr> <td>Cons. MP (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Cav. (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Sob. (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Ref. (kg): -</td> </tr> <tr> <td>T. Transp. P. (s): -</td> </tr> <tr> <td>Cons. Ener. (kW): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Ref. (kg): -</td> </tr> <tr> <td>T. Insp. (s): -</td> <td>T. Insp. (s): 2</td> <td>T. Insp. (s): -</td> </tr> <tr> <td>Cons. Ener. (kW): -</td> </tr> <tr> <td>Atividade e Rec. AV</td> </tr> <tr> <td>T. Proc. (s): 14</td> <td>T. Proc. (s): 15</td> <td>T. Proc. (s): 17</td> <td>T. Proc. (s): -</td> </tr> <tr> <td>Cons. Ener. (kW): -</td> </tr> <tr> <td>Cons. MP (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Atividade e I Rec. NAV</td> </tr> <tr> <td>T. Proc. (s): -</td> </tr> <tr> <td>Cons. Ener. (kW): -</td> </tr> <tr> <td>Cons. MP (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Cav. (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Sob. (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Ref. (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Atividade e Rec. D NAV</td> </tr> <tr> <td>T. Retn. (s): -</td> </tr> <tr> <td>Cons. Ener. (kW): -</td> </tr> <tr> <td>Cons. MP (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Cav. (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Sob. (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Ref. (kg): -</td> </tr> <tr> <td>T. Esp. (s): -</td> </tr> <tr> <td>Cons. Ener. (kW): -</td> </tr> <tr> <td>Cons. MP (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Cav. (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Sob. (kg): -</td> </tr> <tr> <td>Qtd. Ref. (kg): -</td> </tr> </tbody> </table>												Esmerilhamento	Soldagem	Montagem	Nome do Processo	Atividade e Rec. N NAV	T. Transp MP (s): 2	T. Transp MP (s): -	T. Transp MP (s): 5	T. Proc. (s): -	Cons. Ener. (kW): -	Qtd. Ref. (kg): -	T. Set. (s): -	T. Set. (s): 6	T. Set. (s): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. MP (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	T. Transp. P. (s): -	Cons. Ener. (kW): -	Qtd. Ref. (kg): -	T. Insp. (s): -	T. Insp. (s): 2	T. Insp. (s): -	Cons. Ener. (kW): -	Atividade e Rec. AV	T. Proc. (s): 14	T. Proc. (s): 15	T. Proc. (s): 17	T. Proc. (s): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. MP (kg): -	Atividade e I Rec. NAV	T. Proc. (s): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. MP (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Atividade e Rec. D NAV	T. Retn. (s): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. MP (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	T. Esp. (s): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. MP (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Esmerilhamento	Soldagem	Montagem	Nome do Processo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Atividade e Rec. N NAV	Atividade e Rec. N NAV	Atividade e Rec. N NAV	Atividade e Rec. N NAV	Atividade e Rec. N NAV	Atividade e Rec. N NAV	Atividade e Rec. N NAV	Atividade e Rec. N NAV	Atividade e Rec. N NAV	Atividade e Rec. N NAV	Atividade e Rec. N NAV																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
T. Transp MP (s): 2	T. Transp MP (s): -	T. Transp MP (s): 5	T. Proc. (s): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
T. Set. (s): -	T. Set. (s): 6	T. Set. (s): -	T. Set. (s): -	T. Set. (s): -	T. Set. (s): -	T. Set. (s): -	T. Set. (s): -	T. Set. (s): -	T. Set. (s): -	T. Set. (s): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
T. Transp. P. (s): -	T. Transp. P. (s): -	T. Transp. P. (s): -	T. Transp. P. (s): -	T. Transp. P. (s): -	T. Transp. P. (s): -	T. Transp. P. (s): -	T. Transp. P. (s): -	T. Transp. P. (s): -	T. Transp. P. (s): -	T. Transp. P. (s): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
T. Insp. (s): -	T. Insp. (s): 2	T. Insp. (s): -	T. Insp. (s): -	T. Insp. (s): -	T. Insp. (s): -	T. Insp. (s): -	T. Insp. (s): -	T. Insp. (s): -	T. Insp. (s): -	T. Insp. (s): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Atividade e Rec. AV	Atividade e Rec. AV	Atividade e Rec. AV	Atividade e Rec. AV	Atividade e Rec. AV	Atividade e Rec. AV	Atividade e Rec. AV	Atividade e Rec. AV	Atividade e Rec. AV	Atividade e Rec. AV	Atividade e Rec. AV																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
T. Proc. (s): 14	T. Proc. (s): 15	T. Proc. (s): 17	T. Proc. (s): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Atividade e I Rec. NAV	Atividade e I Rec. NAV	Atividade e I Rec. NAV	Atividade e I Rec. NAV	Atividade e I Rec. NAV	Atividade e I Rec. NAV	Atividade e I Rec. NAV	Atividade e I Rec. NAV	Atividade e I Rec. NAV	Atividade e I Rec. NAV	Atividade e I Rec. NAV																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
T. Proc. (s): -	T. Proc. (s): -	T. Proc. (s): -	T. Proc. (s): -	T. Proc. (s): -	T. Proc. (s): -	T. Proc. (s): -	T. Proc. (s): -	T. Proc. (s): -	T. Proc. (s): -	T. Proc. (s): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Atividade e Rec. D NAV	Atividade e Rec. D NAV	Atividade e Rec. D NAV	Atividade e Rec. D NAV	Atividade e Rec. D NAV	Atividade e Rec. D NAV	Atividade e Rec. D NAV	Atividade e Rec. D NAV	Atividade e Rec. D NAV	Atividade e Rec. D NAV	Atividade e Rec. D NAV																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
T. Retn. (s): -	T. Retn. (s): -	T. Retn. (s): -	T. Retn. (s): -	T. Retn. (s): -	T. Retn. (s): -	T. Retn. (s): -	T. Retn. (s): -	T. Retn. (s): -	T. Retn. (s): -	T. Retn. (s): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
T. Esp. (s): -	T. Esp. (s): -	T. Esp. (s): -	T. Esp. (s): -	T. Esp. (s): -	T. Esp. (s): -	T. Esp. (s): -	T. Esp. (s): -	T. Esp. (s): -	T. Esp. (s): -	T. Esp. (s): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -	Cons. Ener. (kW): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -	Cons. MP (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -	Qtd. Cav. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -	Qtd. Sob. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -	Qtd. Ref. (kg): -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<p>Responsável: _____ Déborah Tavares</p> <p>Data: _____ 09/11/2016</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

Fonte: Da autora.

#### 4.4.6 Análise da Aplicação Piloto da Fase 1: Empresa Z

A aplicação piloto apresentou algumas dificuldades na realização das atividades definidas na fase 1, com exceção da identificação das etapas de processo, atividade 2.

A primeira dessas refere-se à definição do produto, atividade 1, pois o único produto com produção regular em série não possuía ordens de produção no período e nem previsão para fabricação. Isto ocorreu porque a maioria dos produtos da empresa eram sob encomenda ou por projetos. No entanto, a empresa Z se dispôs a fabricar 5 peças do produto prolongador  $\varnothing 38,10\text{mm} \times 25\text{mm}$ , para aplicação da fase 1.

Na atividade 3, cálculo da capacidade efetiva diária, verificou-se que esta informação não tinha um propósito para ser calculada uma vez que a empresa Z não possui uma produção em série.

Para a mensuração dos indicadores *Lean-Green*, atividade 4, não foram medidos o indicador consumo de energia, apenas os indicadores de tempo e quantidade de resíduos, devido ao reduzido número de peças. Além disso, no preenchimento do formulário da situação atual do processo a pesquisadora constatou dificuldades para encontrar as informações a serem preenchidas pelo tamanho da fonte e campos de preenchimentos estabelecidos.

Assim, a primeira fase foi aplicada em outra empresa a fim de verificar se ocorriam dificuldades semelhantes. Na próxima seção será apresentada a empresa X e aplicação da primeira fase nesta empresa.

#### 4.5 DESCRIÇÃO DA EMPRESA X - FABRICANTE DE ARTIGOS DE SERRALHERIA

Esta próxima empresa disposta à aplicação da sistemática é uma pequena empresa nacional localizada no município de São José, na região da Grande Florianópolis, fundada em 20 de março de 1983.

Possui uma administração familiar, atuando no mercado regional da Grande Florianópolis e emprega um total de 62 funcionários. Seus fornecedores principais são dos seguintes estados: Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

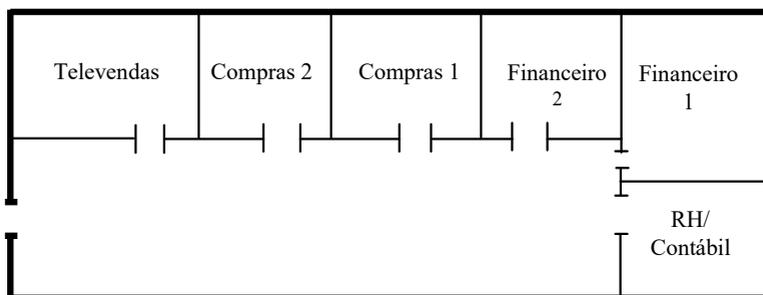
A empresa X atua na produção de itens de serralheria para estoque e sob encomenda, e também na prestação de serviços como: corte e dobra de chapas, corte em serra mecânica de tubos, corte a plasma de chapas, corte a laser de chapas e zincagem eletrolítica. Além disso, comercializa

produtos já industrializados como: ferros, tubos, chapas, telas, acessórios para serralheria, materiais para tornearia e máquinas, e motores.

Os produtos fabricados para estoque são: tampas para tubos (quadrada e redonda), perfis, chapas frisadas e componentes para portão basculantes (caixa contrapeso, caixa de elevação, tampa de elevação e guias de elevação).

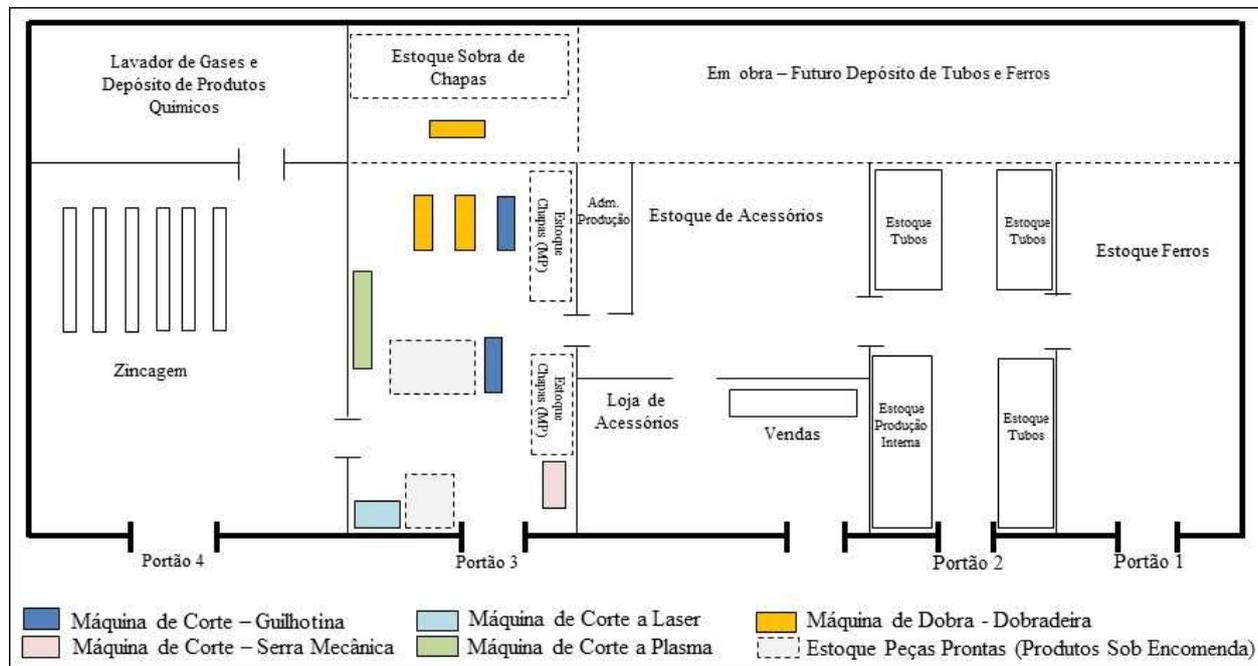
O layout desta empresa está disposto no piso superior pelos setores administrativos, representado na Figura 40, e no piso inferior pelos processos produtivos disposto em layout funcional, estoque, lojas e vendas como apresentado na Figura 41.

Figura 40 - Layout Piso Superior: Setores Administrativos.



Fonte: Empresa X (2016).

Figura 41 - Layout Piso Inferior: Processos Produtivos e Loja.

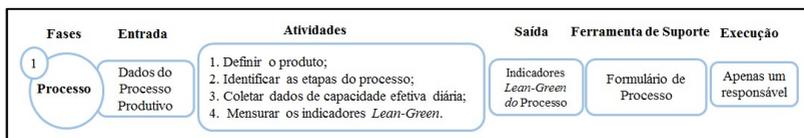


Fonte: Adaptado da Empresa X (2016).

## 4.6 APLICAÇÃO PILOTO DA FASE 1: EMPRESA X - FABRICANTE DE ARTIGOS DE SERRALHERIA

Houve algumas dificuldades na aplicação da primeira fase da empresa Z, dentre as quais tem-se: falta de ordens de produção de itens com produção regular no mês, medição de apenas dois indicadores e falta de habilidade em utilizar a ferramenta de suporte. Aplicou-se novamente a fase 1, Figura 42, a fim de avaliar as dificuldades na aplicação e o desenvolvimento de melhorias. Esta aplicação ocorreu no mês de novembro em três visitas, sendo a última para a realização das atividades da fase 1.

Figura 42 - Estrutura da Fase 1: Processo.



Fonte: Da autora.

Nas próximas seções são apresentadas a aplicação de cada uma das atividades, a ferramenta de suporte e a análise da aplicação piloto na empresa X.

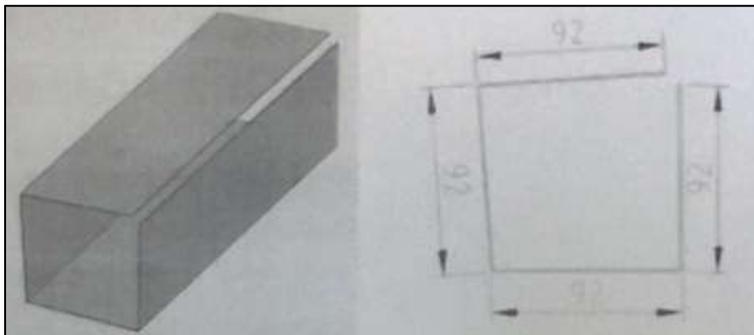
### 4.6.1 Atividade 1: Definir o Produto

Diferentemente da primeira empresa, a empresa X possui produtos com produção regular mensal em série, isto porque produz itens para estoque. Assim, seguindo este critério o gestor da empresa X definiu o produto caixa contrapeso para a aplicação.

A caixa contrapeso possui uma produção média de 200 peças por mês, sendo composta por nove tipos de modelos. A aplicação foi definida especificamente para o modelo 1 (Caixa Contrapeso Quadrada 92mm x 92mm x 1000mm de comprimento - chapa de aço comum com 1,25mm de espessura), por dispor de ordem de produção planejada.

O modelo 1 é representado na Figura 43, sua produção mensal corresponde em média a 50 peças. No entanto, a ordem de produção planejada foi de apenas 15 peças por serem apenas para manter o estoque no nível programado.

Figura 43 - Representação do Produto Caixa Contrapeso: Modelo 1.

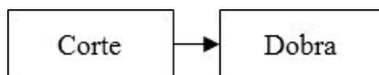


Fonte: Empresa X (2016).

#### 4.6.2 Atividade 2: Identificar as Etapas do Processo

Definido o produto, identificaram-se as etapas do processo produtivo para a fabricação da caixa contrapeso modelo 1, as quais são representadas na Figura 44.

Figura 44 - Etapas do Processo Produtivo da Caixa Contrapeso: Modelo 1.

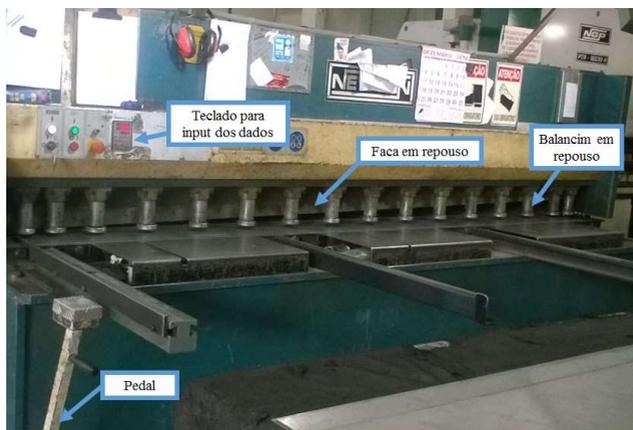


Fonte: Da autora.

No processo de corte, a chapa de aço é submetida à ação do elemento cortante denominado faca, em uma máquina de corte linear, neste caso uma guilhotina com acionamento hidráulico.

Os principais componentes desta máquina são apresentados na Figura 45.

Figura 45 - Principais componentes da Guilhotina Linear Hidráulica.



Fonte: Da autora.

O processo tem início com a inserção dos dados para o limitador traseiro e o comprimento de corte da chapa.

Após o *input* dos dados, os dois operadores do processo inserem a chapa de aço até o limitador traseiro, e um destes realiza o acionamento da guilhotina por meio de um pedal que atua sobre o balancim. O balancim atuado fixa a chapa e, em seguida, a faca é acionada automaticamente cortando o material.

A Figura 46 representa o momento em que o processo de corte está sendo executado. Nesta o balancim está atuado e a faca está se deslocando para realizar o corte do material.

Figura 46 - Representação do Processo de Corte.



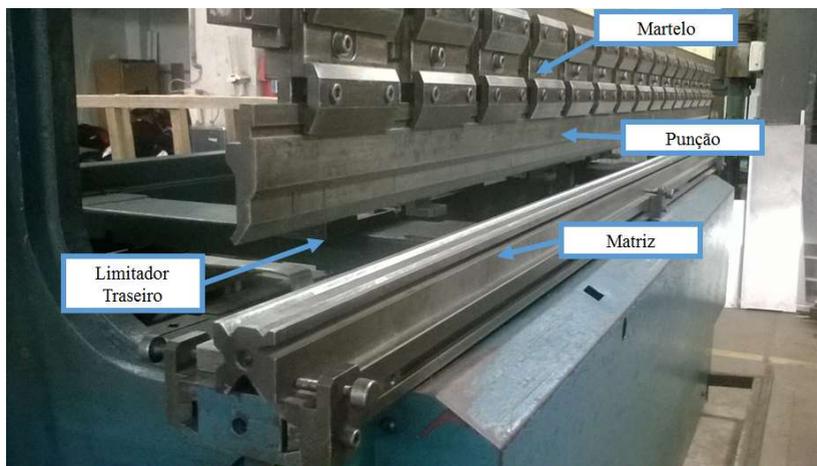
Fonte: Da autora.

Para fabricação das 15 peças deste modelo foram utilizadas três chapas de aço, pois uma chapa com medidas de 2000mm x 1000mm submetida ao processo de corte resulta em cinco peças cortadas de 368mm x 1000mm, e uma peça de sobra de matéria-prima 160mm x 1000mm. As peças cortadas são transportadas manualmente pelos operadores para o processo de dobra, e a sobra para o estoque de sobra de chapas.

No processo de dobra, primeiramente é realizada a preparação da máquina com a verificação da matriz para a dobra e a inserção dos dados do limitador traseiro. Logo após este procedimento, os dois operadores deste processo posicionam a peça cortada até o limitador traseiro e um operador aciona o pedal que atua hidráulicamente os pistões para que o martelo desça.

O martelo corresponde à parte móvel da máquina que segura o punção, o qual possui o formato do perfil interno da peça. Estes componentes atuados dobram a chapa conforme o punção e o molde que é posicionado em sua base, denominada matriz. A representação dos principais elementos do processo de dobra é apresentada na Figura 47.

Figura 47 - Principais Componentes da Máquina de Dobra.



Fonte: Da autora.

Realizado o processo de dobra, um dos operadores retira cada uma das peças dobradas e as organiza no estoque de peças prontas (sob encomenda).

#### 4.6.3 Atividade 3: Coletar Dados de Capacidade Efetiva Diária

Posteriormente à identificação das etapas do processo produtivo, os dados de horas trabalhadas e tempo de paradas programadas diárias foram coletados para verificar a capacidade real do processo. Com exceção do setor de zincagem, os demais setores da empresa X operam de segunda a sexta-feira, em apenas um turno. Os horários de trabalho e paradas programadas são apresentados no Quadro 16.

Quadro 16 - Dados de Horário de Trabalho e Paradas Programadas da Empresa X.

<b>Empresa</b>	<b>Horário de Trabalho</b>	<b>Paradas Programadas</b>
X	07h30min -18h15min	01h30min (Almoço)
		00h30min (Intervalo pela manhã e tarde)

Fonte: Empresa X (2016).

Os dados coletados são apresentados no formulário da situação atual de processo conforme Quadro 17, sendo então a capacidade efetiva diária 31500 segundos ou 09h15min.

Quadro 17 - Capacidade Efetiva Diária da Empresa X

	horas	minutos	segundos
T. Dia:	10	45	38700
T. P Prog.	1	60	7200
Cap. Ef.:	31500		

Fonte: Empresa X (2016).

Finalizada esta atividade, a seguir será apresentada a última etapa que compõe a fase 1.

#### 4.6.4 Atividade 4: Mensurar os Indicadores *Lean-Green*

Na empresa X foi possível acompanhar os processos produtivos antes da produção do produto selecionado, uma vez que os demais produtos possuíam as mesmas etapas de processo.

Deste modo, as atividades presentes no processo de corte foram: transporte da matéria-prima para o processo, *setup*, processamento e transporte da peça cortada para a próxima operação. No processo de dobra os tipos de atividades presentes foram: *setup*, inspeção, processamento e transporte de peças acabadas.

Este acompanhamento prévio das atividades facilitou a identificação dos indicadores presentes no processo de fabricação da ordem de produção de 15 peças do modelo 1, Caixa Contra-Peso Quadrada 92mm x 92mm x 1000mm de comprimento, chapa de aço comum, 1,25mm de espessura. Assim, os indicadores medidos nas etapas de processo foram: tempo de transporte de matéria-prima, tempo de *setup*, tempo de transporte entre processos, tempo de inspeção, consumo de energia, consumo de matéria-prima e quantidade de sobra.

Para a medição destes indicadores foi utilizado os seguintes equipamentos: cronômetro de um aparelho celular, alicate amperímetro digital e balança digital.

O indicador quantidade de sobra foi medido apenas para o processo de corte, pois o processo de dobra não apresenta este indicador. Ademais, não ocorreram refugos e nenhuma das etapas de processo geram cavacos.

O consumo de matéria-prima foi medido pesando uma peça produzida e multiplicando pelo total fabricada.

Apesar da maioria dos indicadores ser resultante da medição direta de cada peça manufaturada, em alguns casos ocorreu a medição indireta, aplicando-se a divisão do tempo total requerido pelo número de peças fabricadas. Esta medição indireta ocorreu para os seguintes indicadores: tempo de transporte entre processos (etapa de corte), tempo de transporte de matéria-prima e tempo de transporte entre processos (pertencentes a etapa de dobra).

A medição indireta também ocorreu para a mensuração do indicador de consumo de energia devido à falta do equipamento wattímetro, o qual indica diretamente a energia consumida. Neste caso, utilizou-se o alicate amperímetro isto porque estava disponível na empresa e na instituição. Para determinar este indicador foi necessário medir a corrente consumida durante a manufatura do produto e aplicar este valor a equação 4.2, apresentada por Alexander e Sadiku (2013).

$$Cons. Ener. = \frac{\sum_{x=1}^3 (Vfn \times I_x)}{\eta} \times FP \quad (4.2)$$

Onde:

- *Cons. Ener.* = Consumo de energia em quilowatts (kW);
- *Vfn* = Tensão da fase neutro em volts (V);
- *I<sub>x</sub>* = Corrente medida em cada fase em ampères (A);
- *η* = rendimento;
- *FP* = fator de potência.

Os resultados dos indicadores medidos são apresentados na ferramenta de suporte, próxima seção, e detalhadamente no Apêndice G.

#### 4.6.5 Ferramenta de Suporte: Formulário de Processo.

O formulário utilizado para auxiliar da execução das atividades é apresentado na Figura 48, as informações em branco se referem aos indicadores não presentes no processo quando foi realizada a medição.

Figura 48 - Formulário da Situação Atual do Processo do Produto Caixa Contrapeso: Modelo 1.

PRODUTO:		FORMULÁRIO DA SITUAÇÃO ATUAL DO PROCESSO																			
Caixa Contra-Peso Quadrada 92 mm x 92 mm x 1000 mm de comprimento, chapas de aço comum, 1,25 mm de espessura		Descrever em cada célula realizado cada uma das etapas de processo do produto.																			
Corte		Dobra																			
<b>CAPACIDADE EFETIVA DIÁRIA</b>																					
horas		segundos																			
T. Dia:	10	45	38700																		
T. P. Prod.:	1	59	7200																		
Cap. Ef.:	31500																				
Os dados devem ser informados corretamente em horas e minutos, pois a conversão é realizada automaticamente para segundos																					
* T. Dia: Total de horas de trabalho por dia																					
* T. P. Prod.: Tempo de parada programada, como refições, intervalos, limpeza e reuniões																					
* Cap. Ef.: T. Dia / T. P. Prod.																					
<b>DADOS DE MANUFATURA INSUTV E VERDE</b>																					
* Todos os tempos devem ser medidos utilizando um cronômetro em segundos por peça.																					
* T. Proc.: é o tempo de processamento da matéria-prima em material semi-acabado ou acabado.																					
* T. Retr.: é o tempo direcional ou correção de peça por problema dimensional ou de qualidade.																					
* T. Esp.: é o tempo correspondente à colocação de rótulo-etiquetas ou de equipamento devido a atrasos na chegada do material ou disponibilidade de outros recursos.																					
* T. Set.: é o tempo correspondente à preparação da máquina para fabricação de um produto até a primeira peça boa do processo.																					
* T. Transp.: é o tempo correspondente ao movimento dos materiais entre as máquinas.																					
* T. Insp.: é o tempo correspondente à realização da inspeção do material acabado ou semiacabado do processo.																					
<b>Corte de Chapas</b>		<b>Dobra de Chapas</b>		<b>Nome do Processo</b>		<b>Nome do Processo</b>		<b>Nome do Processo</b>		<b>Nome do Processo</b>		<b>Nome do Processo</b>		<b>Nome do Processo</b>		<b>Nome do Processo</b>		<b>Nome do Processo</b>			
Atividade e Rec. N NAV		Atividade e Rec. N NAV		Atividade e Rec. N NAV		Atividade e Rec. N NAV		Atividade e Rec. N NAV		Atividade e Rec. N NAV		Atividade e Rec. N NAV		Atividade e Rec. N NAV		Atividade e Rec. N NAV		Atividade e Rec. N NAV		Atividade e Rec. N NAV	
T. Transp. MP (s): 6		T. Transp. MP (s): 6		T. Transp. MP (s): 6		T. Transp. MP (s): 6		T. Transp. MP (s): 6		T. Transp. MP (s): 6		T. Transp. MP (s): 6		T. Transp. MP (s): 6		T. Transp. MP (s): 6		T. Transp. MP (s): 6		T. Transp. MP (s): 6	
Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -	
Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -	
T. Set. (s): 2		T. Set. (s): 2		T. Set. (s): 2		T. Set. (s): 2		T. Set. (s): 2		T. Set. (s): 2		T. Set. (s): 2		T. Set. (s): 2		T. Set. (s): 2		T. Set. (s): 2		T. Set. (s): 2	
Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -	
Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -	
Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -	
Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -	
Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -	
T. Transp. P. (s): 2		T. Transp. P. (s): 4		T. Transp. P. (s): 4		T. Transp. P. (s): 4		T. Transp. P. (s): 4		T. Transp. P. (s): 4		T. Transp. P. (s): 4		T. Transp. P. (s): 4		T. Transp. P. (s): 4		T. Transp. P. (s): 4		T. Transp. P. (s): 4	
Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -	
Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -	
T. Insp. (s): -		T. Insp. (s): 3		T. Insp. (s): 3		T. Insp. (s): 3		T. Insp. (s): 3		T. Insp. (s): 3		T. Insp. (s): 3		T. Insp. (s): 3		T. Insp. (s): 3		T. Insp. (s): 3		T. Insp. (s): 3	
Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -	
Atividade e Rec. AV		Atividade e Rec. AV		Atividade e Rec. AV		Atividade e Rec. AV		Atividade e Rec. AV		Atividade e Rec. AV		Atividade e Rec. AV		Atividade e Rec. AV		Atividade e Rec. AV		Atividade e Rec. AV		Atividade e Rec. AV	
T. Proc. (s): -		T. Proc. (s): 14		T. Proc. (s): 14		T. Proc. (s): 14		T. Proc. (s): 14		T. Proc. (s): 14		T. Proc. (s): 14		T. Proc. (s): 14		T. Proc. (s): 14		T. Proc. (s): 14		T. Proc. (s): 14	
Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): 12,48		Cons. Ener. (kW): 12,48		Cons. Ener. (kW): 12,48		Cons. Ener. (kW): 12,48		Cons. Ener. (kW): 12,48		Cons. Ener. (kW): 12,48		Cons. Ener. (kW): 12,48		Cons. Ener. (kW): 12,48		Cons. Ener. (kW): 12,48		Cons. Ener. (kW): 12,48	
Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): 3,4		Cons. MP (ks): 3,4		Cons. MP (ks): 3,4		Cons. MP (ks): 3,4		Cons. MP (ks): 3,4		Cons. MP (ks): 3,4		Cons. MP (ks): 3,4		Cons. MP (ks): 3,4		Cons. MP (ks): 3,4		Cons. MP (ks): 3,4	
Atividade e 1 Rec. NAV		Atividade e 1 Rec. NAV		Atividade e 1 Rec. NAV		Atividade e 1 Rec. NAV		Atividade e 1 Rec. NAV		Atividade e 1 Rec. NAV		Atividade e 1 Rec. NAV		Atividade e 1 Rec. NAV		Atividade e 1 Rec. NAV		Atividade e 1 Rec. NAV		Atividade e 1 Rec. NAV	
T. Proc. (s): 3		T. Proc. (s): -		T. Proc. (s): -		T. Proc. (s): -		T. Proc. (s): -		T. Proc. (s): -		T. Proc. (s): -		T. Proc. (s): -		T. Proc. (s): -		T. Proc. (s): -		T. Proc. (s): -	
Cons. Ener. (kW): 6,06		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -	
Cons. MP (ks): 4,65		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -	
Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -	
Qtd. Sob. (ks): 1,25		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -	
Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -	
Atividade e Rec. D NAV		Atividade e Rec. D NAV		Atividade e Rec. D NAV		Atividade e Rec. D NAV		Atividade e Rec. D NAV		Atividade e Rec. D NAV		Atividade e Rec. D NAV		Atividade e Rec. D NAV		Atividade e Rec. D NAV		Atividade e Rec. D NAV		Atividade e Rec. D NAV	
T. Retr. (s): -		T. Retr. (s): -		T. Retr. (s): -		T. Retr. (s): -		T. Retr. (s): -		T. Retr. (s): -		T. Retr. (s): -		T. Retr. (s): -		T. Retr. (s): -		T. Retr. (s): -		T. Retr. (s): -	
Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -	
Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -	
Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -	
Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -	
Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -	
T. Esp. (s): -		T. Esp. (s): -		T. Esp. (s): -		T. Esp. (s): -		T. Esp. (s): -		T. Esp. (s): -		T. Esp. (s): -		T. Esp. (s): -		T. Esp. (s): -		T. Esp. (s): -		T. Esp. (s): -	
Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -		Cons. Ener. (kW): -	
Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -		Cons. MP (ks): -	
Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -		Qtd. Cav. (ks): -	
Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -		Qtd. Sob. (ks): -	
Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -		Qtd. Ref. (ks): -	

Responsável: Deberah Favares  
 Data: 23/11/2016

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

#### 4.6.6 Análise da Aplicação Piloto da Fase 1: Empresa X

A aplicação da fase 1 na empresa X permitiu a mensuração de importantes indicadores não medidos na empresa Z, são estes: consumo de matéria-prima, consumo de energia e quantidade de sobra. No entanto, dificuldades semelhantes foram encontradas, como o cálculo da capacidade efetiva diária, pois, mesmo o produto possuindo uma produção em série regular, este número é baixo se comparado aos produtos sob encomenda, não havendo razão para identificação desta informação.

A forma de mensuração do indicador consumo de energia estabelecida pela pesquisadora é inviável a uma MPE, pois foi necessário o auxílio de um técnico externo para realizar a medição da corrente na máquina. Isto ocorreu porque os fios de alimentação da máquina se localizam dentro de um painel, e o referido técnico é único responsável autorizado por abrir as máquinas da empresa. Ademais, poucas empresas possuem uma pessoa especializada e autorizada para realizar esta atividade.

O formulário da situação atual de processo apresentou dificuldades para a realização do preenchimento, primeiramente devido ao formato A3 do formulário que dificultava seu manuseio pela quantidade de informações do formulário, e pelo sequenciamento da classificação das atividades e recursos que não estava na ordem de como as atividades são executadas no processo.

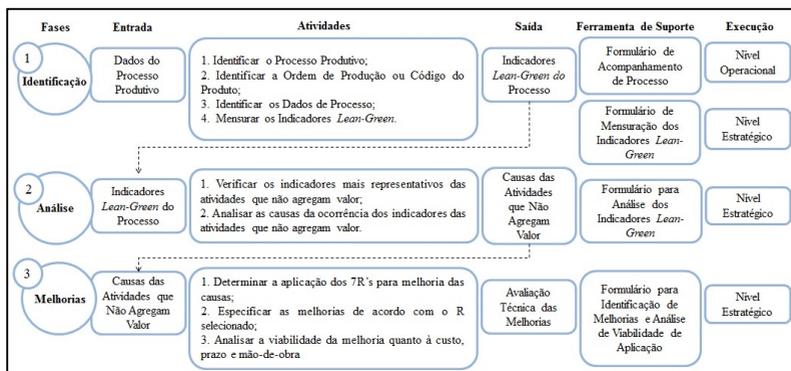
Portanto, concluiu-se que esta fase centrada no produto, a mensuração do indicador de energia e a ferramenta de suporte eram inviáveis para utilização em micro e pequenas empresas. Logo, observou-se a necessidade de melhorias nesta fase como: considerar o processo independente do produto a ser manufaturado, eliminação dos dados de capacidade efetiva diária, medir o indicador consumo de energia considerando a informação proveniente na placa de identificação da máquina e a divisão de informações no formulário. Desta forma, aplicaram-se tais melhorias a esta fase como apresentado no capítulo 3. Assim, uma nova aplicação necessária juntamente com as demais fases da sistemática.

Nas seções 4.4 e 4.6 foram apresentadas as aplicações pilotos da primeira fase realizada em duas empresas do setor metal-mecânico. As dificuldades encontradas nestas resultaram em mudanças consideradas no desenvolvimento da sistemática *Lean-Green* para MPEs. Desta forma, a próxima seção apresentará a aplicação da sistemática para integração *Lean-Green* e toda as suas fases na empresa X.

#### 4.7 APLICAÇÃO D SISTEMÁTICA PARA INTEGRAÇÃO *LEAN-GREEN* NA EMPRESA X

A Sistemática para Integração *Lean-Green* para MPÉs, apresentado no capítulo 3, é composta de três fases: Identificação, Análise e Melhorias. Sendo este apresentado na Figura 49.

Figura 49 – Sistemática para Integração *Lean-Green* para MPE.



Fonte: Da autora.

Esta sistemática reflete as melhorias resultante das aplicações piloto descritas anteriormente, foi aplicado somente à empresa X, pois a empresa Z e outras declinaram da aplicação.

A aplicação da sistemática ocorreu nos meses de janeiro a fevereiro, sendo as três primeiras atividades da fase 1 realizadas no período de 04/01/17 a 09/01/17 pelos operadores de processo e em 13/02/17 para a mensuração dos indicadores e demais fases. Um treinamento foi realizado anteriormente com os colaboradores designados para a aplicação, visto que se objetiva que os mesmos realizem as atividades e avaliem a sistemática proposta.

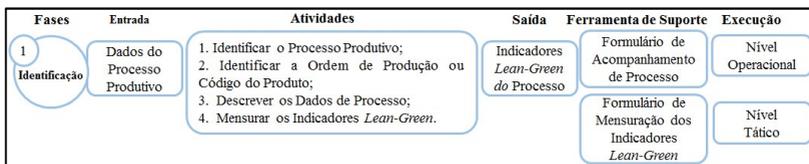
A empresa X selecionou dois processos que possuíam maior taxa de utilização para aplicação, o processo de corte com máquina guilhotina e o processo de dobra com dobradeira hidráulica.

Nas próximas seções serão apresentadas cada uma das fases aplicadas nos processos.

#### 4.7.1 Fase 1: Identificação

Esta primeira fase visa à mensuração dos indicadores *Lean-Green* do processo, resultante da utilização das ferramentas de suporte para a execução das atividades. A Fase 1 é ilustrada na Figura 50.

Figura 50 - Fase 1 da Sistemática pra Integração *Lean-Green*.



Fonte: Da autora.

As três primeiras atividades foram realizadas com o auxílio do formulário de acompanhamento de processo, no qual os operadores identificaram o processo produtivo, a ordem de produção ou código do produto e descreveram os dados de processo para cada produto manufaturado.

A Figura 51 apresenta o formulário de acompanhamento do processo de corte preenchido pelo operador do processo. O preenchimento do formulário ocorreu nos dias 05/01, 06/ 01 e 09/ 01 do ano de 2017. Alguns dados não foram preenchidos quando se referiam a prestação de serviços.

A identificação dos produtos ocorreu pela ordem de produção no caso dos produtos sob encomenda e pelo código do produto no caso da produção para estoque, neste caso representado apenas pelo item 1900.

Os dados de processo presentes durante a aplicação foram: transporte de matéria-prima, horário início da preparação, horário primeira peça boa, matéria-prima, horário final da produção, total peças boas, sobras, horário de inspeção e horário de transporte de peças.

A Figura 52 apresenta o formulário de acompanhamento do processo de dobra. O preenchimento do formulário ocorreu nos dias 04/01 e 05/01.

Como todos os produtos manufaturados no processo de dobra foram de produção sob encomenda, a identificação destes foi realizada por meio da ordem de produção.

Os dados presentes no processo de dobra foram: transporte de matéria-prima, horário início da preparação, horário primeira peça boa, ma-

téria-prima, horário final da produção, total peças boas, horário de inspeção e horário de transporte de peças, os quais foram preenchidos na ferramenta de suporte.

Figura 51 - Formulário de Acompanhamento do Processo de Corte.

UFSC		FMEC		FORMULÁRIO DE ACOMPANHAMENTO DE PROCESSO																	
Processo:				Corte				Operador:				Sérgio Lino				Horário de Trabalho:		07:30 - 18:15		Data:	
												Intervalos:				16:00 - 16:15					
Data	Ordem de Produção/Código do Produto	Horário Transporte MP (Início/ Final)	Horário Início da Preparação	Horário Primeira Peça Boa	Matéria-Prima (quilogramas)	Horário Final da Produção	Total Peças Boas (unidade, quilogramas)	Peças Extras	Peças de Retrabalho (unidade, quilograma)	Horário para Retrabalho	Cavaco (quilogramas)	Sobra (quilogramas)	Reflugo (quilogramas)	Horário Parada de Máquina (Início/ Final)	Horário Inspeção (Início/ Final)	Horário Transporte Peças					
05/01	405757	15:16:05	15:16:13	15:16:16	1 chapa	15:16:18	2 chapas 10,50 kg	-	-	-	-	-	-	-	15:16:20	15:16:23					
05/01	28968	15:16:58	15:17:00	15:17:02	1 chapa	15:17:40	24 chapas 8,32 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
06/01	406026	14:22:40	14:23:10	14:23:13	3 chapas	14:23:20	5 chapas 53,92 kg	-	-	-	-	3,68 kg	-	-	14:23:30	14:25:10					
09/01	29003	07:35:56	07:36:00	07:38:02	1 chapa	07:38:14	12 chapas 57,42 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
09/01	406150	08:00:54	08:01:00	08:02:01	1 chapa	08:02:03	1 chapa 16 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
09/01	406208	09:00:03	09:00:06	09:03:24	4 chapas	09:03:40	8 chapas 12,84 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
09/01	405950	09:29:34	09:32:01	09:32:02	15 chapas	09:32:45	33 chapas 232 kg	-	-	-	-	-	-	-	09:32:50	09:36:20					
09/01	406407	14:01:00	14:01:03	14:03:18	1 chapa	14:03:22	3 chapas 47,52 kg	-	-	-	-	-	-	-	09:36:08	09:37:00					
09/01	406403	14:16:45	14:16:47	14:18:58	1 chapa	14:19:01	2 chapas 18,90 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
09/01	1100	13:45:31	13:48:02	13:48:10	15 chapas	13:48:55	30 pçs 87 kg	-	-	-	-	5 kg	-	-	13:50:00	14:00:12					
09/01	29023	15:01:59	15:02:01	15:04:02	1 chapa	15:04:04	2 peças 3,15 kg	-	-	-	-	-	-	-	13:52:00	14:02:00					

Horário Transporte Matéria-Prima (MP): horário inicial e final em que ocorre o transporte da matéria-prima para o processo.  
 Horário Início da Preparação: horário em que se inicia os ajustes (programa, máquina, ferramentas) para a produção do pedido.  
 Horário Primeira Peça Boa: horário que a máquina produz a primeira peça dentro das especificações.  
 Horário Final da Produção: horário em que é finalizado o pedido do produto.  
 Qts Peças Extras: quantidade de peças produzidas acima do pedido do produto.  
 Retrabalho: peças que devido a ocorrência de erros foram retrabalhadas.

Reflugo: peças resultantes de erros de produção que não podem ser retrabalhadas.  
 Sobra: corresponde a uma fração do material que não foi utilizada para a fabricação do produto.  
 Horário Parada de Máquina: horário inicial e final que a máquina ficou sem produzir.  
 Horário Inspeção: horário inicial e final em que foi realizada a inspeção de dimensões e qualidade.  
 Horário Transporte Peças: horário inicial e final para o transporte de peças para o próximo processo ou para o estoque.

Fonte: Empresa X (2017).

Figura 52 - Formulário de Acompanhamento do Processo de Dobra.

		FORMULÁRIO DE ACOMPANHAMENTO DE PROCESSO																	
Processo:			Dobra				Operador:					Lucas Hoepers			Horário de Trabalho:		07:30 - 18:15		Data:
															16:00 - 16:15				
Data	Ordem de Produção/Código do Produto	Horário Transporte MP (Início/ Final)	Horário Início da Preparação	Horário Primeira Peça Boa	Matéria-Prima (quilogramas)	Horário Final da Produção	Total Peças Boas (unidade, quilogramas)	Peças Extras	Peças de Retrabalho (unidade, quilograma)	Horário para Retrabalho	Cavaco (quilogramas)	Sobra (quilogramas)	Refugo (quilogramas)	Horário Parada de Máquina (Início/ Final)	Horário Inspeção (Início/ Final)	Horário Transporte Peças			
04/01	28830	08:29:10	08:29:14	08:32:18	63 pcs 35 kg	09:01:00	63 pcs 35 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
04/01	28830	09:01:05	09:01:10	09:04:00	22 pcs 22 kg	09:14:25	22 pcs 22 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
04/01	28830	09:30:00 10:28:00	10:29:17	10:32:14	31 pcs 65 kg	10:46:19	31 pcs 65 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
04/01	28830	10:53:30	10:53:34	10:56:23	62 pcs 86 kg	11:28:14	62 pcs 86 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
04/01	28830	11:34:11	11:34:14	11:37:00	10 pcs 6 kg	11:42:28	10 pcs 6 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
05/01	405207	8:51:33	8:52:13	8:52:22	4 pcs 8,4 kg	8:52:30	4 pcs 8,4 kg	-	-	-	-	-	-	-	09:00:00 09:00:12	09:00:19 09:01:02			
05/01	405183	09:05:10	09:05:12	09:08:00	36 pcs 36 kg	09:24:12	36 pcs 36 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
05/01	405183	09:38:11	09:38:14	09:41:00	420 pcs 210 kg	10:16:02	420 pcs 210 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
05/01	405183	10:14:56	10:15:00	10:17:23	12 pcs 4,8 kg	10:22:00	12 pcs 4,8 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
05/01	28941	10:29:57	10:30:00	10:33:21	15 pcs 9 kg	10:39:45	15 pcs 9 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
05/01	28941	10:45:16	10:45:19	10:48:00	4 pcs 0,8 kg	10:51:53	4 pcs 0,8 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
05/01	28941	11:00:58	11:01:02	11:03:29	2 pcs 1,4 kg	11:05:24	2 pcs 1,4 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
05/01	404984	11:20:29	11:20:32	11:23:00	2 pcs 2 kg	11:25:12	2 pcs 2 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Horário Transporte Matéria-Prima (MP): horário inicial e final em que ocorre o transporte da matéria-prima para o processo.  
 Horário Início da Preparação: horário em que se inicia os ajustes (programa, máquina, ferramentas) para a produção do pedido.  
 Horário Primeira Peça Boa: horário que a máquina produz a primeira peça dentro das especificações.  
 Horário Final da Produção: horário em que é finalizado o pedido do produto.  
 Qts Peças Extras: quantidade de peças produzidas acima do pedido do produto.  
 Retrabalho: peças que devido a ocorrência de erros foram retrabalhadas.

Refugo: peças resultantes de erros de produção que não podem ser retrabalhadas.  
 Sobra: corresponde a uma fração do material que não foi utilizada para a fabricação do produto.  
 Horário Parada de Máquina: horário inicial e final que a máquina ficou sem produzir.  
 Horário Inspeção: horário inicial e final em que foi realizada a inspeção de dimensões e qualidade.  
 Horário Transporte Peças: horário inicial e final para o transporte de peças para o próximo processo ou para o estoque.

Fonte: Empresa X (2017).

Os dados de processo descritos pelos operadores são base para a última atividade desta primeira fase, a mensuração dos indicadores *Lean-Green*.

Assim, o gerente administrativo reuniu os formulários de acompanhamento de processo e utilizou os dados para mensurar os indicadores aplicando as equações que constam na ferramenta de suporte, formulário de mensuração dos indicadores *Lean-Green*. Foi determinado pelo gerente a aplicação desta atividade apenas nos seguintes itens do processo de corte: 405757, 495050, 406206 e 1100, e no item 405207 do processo de dobra, por conter os dados de horário de inspeção e horário de transporte de peças.

O formulário de mensuração dos indicadores *Lean-Green* aplicado ao processo de corte é apresentado na Figura 53.

Os indicadores *Lean-Green* medidos neste processo foram: tempo de *setup*, consumo de energia de *setup*, tempo de transporte de matéria-prima, tempo de transporte para o estoque e tempo de inspeção, os quais pertencem as atividades necessárias que não agregam valor. Além destes, foram medidos o tempo de processamento, consumo de energia em processamento, quantidade de resíduos de processamento e consumo de matéria-prima de processamento que estão relacionados à atividade que agrega valor.

Este último indicador foi medido distinto a forma inicial proposta pela autora, pois considerava-se a diferença entre a matéria-prima de entrada e a quantidade de peças boas que resultaram do processo. No entanto, os participantes e a pesquisadora acordaram alterar a forma de medição do consumo de matéria-prima para a quantidade em quilograma das peças boas produzidas, devido ser inviável pesar as chapas que são a matéria-prima do processo. A mesma alteração foi aplicada para os indicadores pertencentes as demais atividades (consumo de matéria-prima de retrabalho, consumo de matéria-prima de *setup*).

A Figura 54 apresenta o formulário de mensuração dos indicadores *Lean-Green* aplicados ao processo de dobra.

No processo de dobra foram mensurados os seguintes indicadores: tempo de *setup*, consumo de energia de *setup*, transporte de matéria-prima, transporte para estoque e inspeção, estes indicadores estão relacionados as atividades necessárias que não agregam valor. Além destes, tempo de processamento, consumo de energia de processamento e consumo de matéria-prima de processamento foram medidos.

Figura 53 - Formulário de Mensuração dos Indicadores *Lean-Green* do Processo de Corte.

		FORMULÁRIO DE MENSURAÇÃO DOS INDICADORES <i>LEAN-GREEN</i>							
Processo: Corte		Potência da Máquina: CV 12,5 kW	12,5 9,19	Responsável: Ricardo Tomazoni	Data: 13/02/17				
<p>- Para a mensuração dos indicadores <i>Lean-Green</i> devem ser utilizados os dados de processos obtidos por meio do Formulário de Acompanhamento de Processo. Estes dados serão utilizado por meio das equações para mensuração dos indicadores.</p> <p>- Devem ser preenchidos somente os campos referente à ocorrência das atividades no processo. Além disso, mesmo ocorrendo a atividade algum indicador pode não ocorrer, assim o campo deste deve permanecer em branco.</p> <p>- Atenção: Cada um dos termos da equação são apresentados no verso deste formulário.</p>									
Classificação das Atividades pelo Valor	Tipos de Atividades	Indicador <i>Lean-Green</i>	Equações para Mensuração dos Indicadores	Unidade	Ordem de Produção/ Código do Produto				
					405757	406026	405950	1100	
Atividades Desnecessárias que Não Agregam Valor	Retrabalho	Tempo	$T_r = (T_{rr} - T_{tr}) / Q_{PR}$	s/pç	-	-	-	-	
		Consumo de Energia	$C_{er} = P \times \left( \frac{T_r}{3600} \right)$	kWh/pç	-	-	-	-	
		Quantidade de Resíduos	$R_{sr} = (C_r + S_r + Re_r) / Q_{PR}$	kg/pç	-	-	-	-	
	Espera	Consumo de Matéria-Prima	$C_{MP_r} = PPR / Q_{PR}$	kg/pç	-	-	-	-	
		Tempo	$T_{esp} = (T_{fp} - T_{ip}) / Q_{PR}$	s/pç	-	-	-	-	
		Consumo de Energia	$C_{ep} = P \times \left( \frac{T_{esp}}{3600} \right)$	kWh/pç	-	-	-	-	
Atividades Necessárias que Não Agregam Valor	Setup	Tempo	$T_s = T_{ppb} - T_{ip} / Q_{PS}$	s/pç	3,00	2,00	1,00	8,00	
		Consumo de Energia	$C_{es} = P \times \left( \frac{T_s}{3600} \right)$	kWh/pç	0,010	0,005	0,003	0,020	
		Quantidade de Resíduos	$R_{ss} = \frac{C_s + S_s + Re_s}{Q_{PS}}$	kg/pç	-	-	-	-	
		Consumo de Matéria-Prima	$C_{MP_s} = PPs / Q_{PS}$	kg/pç	-	-	-	-	
	Transporte de Matéria-Prima	Tempo	$T_{TMP} = \frac{T_{fTMP} - T_{iTMP}}{Q_{MP}}$	s/pç	8,00	10,00	9,80	10,06	
		Consumo de Energia	$C_{TMP} = P \times \left( \frac{T_{TMP}}{3600} \right)$	kWh/pç	-	-	-	-	
		Quantidade de Resíduos	$R_{TMP} = PR_{eTMP} / Q_{MP}$	kg/pç	-	-	-	-	
	Transporte entre Processos	Tempo	$T_{ppp} = \frac{T_{fpp} - T_{ipp}}{Q_{Ppp}}$	s/pç	-	-	-	-	
		Consumo de Energia	$C_{etpp} = P \times \left( \frac{T_{ppp}}{3600} \right)$	kWh/pç	-	-	-	-	
		Quantidade de Resíduos	$R_{ppp} = PR_{epp} / Q_{Ppp}$	kg/pç	-	-	-	-	
	Transporte para o Estoque	Tempo	$T_{te} = \frac{T_{fte} - T_{ite}}{Q_{Pte}}$	s/pç	2,00	2,80	1,51	4,00	
		Consumo de Energia	$C_{ete} = P \times \left( \frac{T_{te}}{3600} \right)$	kWh/pç	-	-	-	-	
		Quantidade de Resíduos	$R_{te} = PR_{ete} / Q_{Pte}$	kg/pç	-	-	-	-	
	Inspeção	Tempo	$T_{i} = \frac{T_{fi} - T_{ii}}{Q_{Pi}}$	s/pç	1,00	1,20	6,00	4,00	
		Consumo de Energia	$C_{ei} = P \times \left( \frac{T_i}{3600} \right)$	kWh/pç	-	-	-	-	
	Atividade que Agregam Valor	Processamento	Tempo	$T_{pproc} = \frac{T_{fproc} - T_{ppb}}{Q_{Pproc}}$	s/pç	1,00	1,40	1,30	1,50
			Consumo de Energia	$C_{pproc} = P \times \left( \frac{T_{pproc}}{3600} \right)$	kWh/pç	0,003	0,004	0,003	0,004
			Quantidade de Resíduos	$R_{pproc} = \frac{S_{pproc} + C_{pproc} + Re_{pproc}}{Q_{Pproc}}$	kg/pç	-	3,68	-	5,00
Consumo de Matéria-Prima			$C_{MPpproc} = \frac{Pp_{pproc}}{Q_{Pproc}}$	kg/pç	5,25	10,78	7,03	11,96	

Fonte: Empresa X (2017).

Figura 54 - Formulário de Mensuração dos Indicadores *Lean-Green* do Processo de Dobra.

		FORMULÁRIO DE MENSURAÇÃO DOS INDICADORES <i>LEAN-GREEN</i>							
Processo:	Dobra	Potência da Máquina: CV	15	Responsável:	Ricardo Tomazoni	Data:	13/02/17		
		kW	11,03						
<p>- Para a mensuração dos indicadores <i>Lean-Green</i> devem ser utilizados os dados de processos obtidos por meio do Formulário de Acompanhamento de Processo. Estes dados serão utilizados por meio das equações para mensuração dos indicadores.</p> <p>- Devem ser preenchidos somente os campos referente à ocorrência das atividades no processo. Além disso, mesmo ocorrendo a atividade algum indicador pode não ocorrer, assim o campo deste deve permanecer em branco.</p> <p>- Atenção: Cada um dos termos da equação são apresentados no verso deste formulário.</p>									
Classificação das Atividades pelo Valor	Tipos de Atividades	Indicador <i>Lean-Green</i>	Equações para Mensuração dos Indicadores	Unidade	Ordem de Produção/ Código do Produto				
					405207	-	-	-	
Atividades Desnecessárias que Não Agregam Valor	Retrabalho	Tempo	$T_r = (T_{rr} - T_{ir}) / QPR$	s/pç	-	-	-	-	
		Consumo de Energia	$C_{er} = P \times \left( \frac{T_r}{3600} \right)$	kWh/pç	-	-	-	-	
		Quantidade de Resíduos	$RS_r = (C_r + S_r + Re_r) / QPR$	kg/pç	-	-	-	-	
		Consumo de Matéria-Prima	$C_{MPr} = PPR / QPR$	kg/pç	-	-	-	-	
	Espera	Tempo	$T_{esp} = (T_{fp} - T_{ip}) / QPR$	s/pç	-	-	-	-	
		Consumo de Energia	$C_{ee} = P \times \left( \frac{T_{esp}}{3600} \right)$	kWh/pç	-	-	-	-	
Atividades Necessárias que Não Agregam Valor	Setup	Tempo	$T_s = \frac{T_{ppb} - T_{ip}}{QPS}$	s/pç	9,00	-	-	-	
		Consumo de Energia	$C_{es} = P \times \left( \frac{T_s}{3600} \right)$	kW.s	0,028	-	-	-	
		Quantidade de Resíduos	$R_{ss} = C_s + S_s + Re_s / QPS$	kg/pç	-	-	-	-	
		Consumo de Matéria-Prima	$C_{MPs} = PP_s / QPS$	kg/pç	-	-	-	-	
	Transporte de Matéria-Prima	Tempo	$T_{IMP} = \frac{T_{fIMP} - T_{iIMP}}{QMP}$	s/pç	10,00	-	-	-	
		Consumo de Energia	$C_{eIMP} = P \times \left( \frac{T_{IMP}}{3600} \right)$	kWh/pç	-	-	-	-	
		Quantidade de Resíduos	$R_{IMP} = PRe_{IMP} / QMP$	kg/pç	-	-	-	-	
	Transporte entre Processos	Tempo	$T_{IPP} = \frac{T_{fIP} - T_{iIP}}{QPIP}$	s/pç	-	-	-	-	
		Consumo de Energia	$C_{eIPP} = P \times \left( \frac{T_{IPP}}{3600} \right)$	kWh/pç	-	-	-	-	
		Quantidade de Resíduos	$R_{IPP} = PRe_{IPP} / QPIP$	kg/pç	-	-	-	-	
	Transporte para o Estoque	Tempo	$T_{IE} = \frac{T_{fIE} - T_{iIE}}{QPIE}$	s/pç	10,50	-	-	-	
		Consumo de Energia	$C_{eIE} = P \times \left( \frac{T_{IE}}{3600} \right)$	kWh/pç	-	-	-	-	
		Quantidade de Resíduos	$R_{IE} = PRe_{IE} / QPIE$	kg/pç	-	-	-	-	
	Inspeção	Tempo	$T_i = \frac{T_{fi} - T_{ii}}{QPI}$	s/pç	3,00	-	-	-	
		Consumo de Energia	$C_{ei} = P \times \left( \frac{T_i}{3600} \right)$	kWh/pç	-	-	-	-	
	Atividade que Agrega Valor	Processamento	Tempo	$T_{proc} = \frac{T_{pproc} - T_{iproc}}{QP_{proc}}$	s/pç	2,00	-	-	-
			Consumo de Energia	$C_{eproc} = P \times \left( \frac{T_{proc}}{3600} \right)$	kWh/pç	0,006	-	-	-
			Quantidade de Resíduos	$R_{proc} = \frac{S_{proc} + C_{proc} + Re_{proc}}{QP_{proc}}$	kg/pç	-	-	-	-
Consumo de Matéria-Prima			$C_{MPproc} = \frac{PP_{proc}}{QP_{proc}}$	kg/pç	2,10	-	-	-	

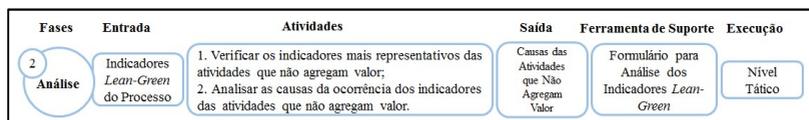
Fonte: Empresa X (2017).

Obtida a saída desta fase pelo responsável do nível tático, os indicadores *Lean-Green*, a empresa analisou as causas para ocorrência destes. Essa análise dos indicadores será apresentada na próxima seção.

#### 4.7.2 Fase 2: Análise

Esta fase visa analisar as causas da ocorrência das atividades que não agregam valor, sendo composta por duas atividades a serem realizadas por intermédio da ferramenta de suporte, denominada formulário para análise dos indicadores *Lean-Green*. Estes componentes da fase 2 são apresentados na Figura 55.

Figura 55 - Componentes da Fase 2: Análise.



Fonte: Da autora.

A empresa X considerou realizar esta fase somente para os itens que possuíam o indicador quantidade de resíduos sólidos, devido considerar este indicador o mais representativo para a empresa. Neste caso foram realizadas as atividades para os seguintes itens: 406026, produto sob encomenda e para o 1100 produto. Estes itens pertencentes ao processo de corte, por ser o processo que apresenta resíduos sólidos de sobra de matéria-prima.

Desta forma, para a realização destas atividades o responsável da empresa X utilizou o formulário para análise dos indicadores *Lean-Green*. Foi utilizado um formulário para cada produto, e a Figura 56 apresenta o formulário para o item 406026.

Se a análise abrangesse os indicadores que representam as atividades que não agregam valor, o tempo de transporte de matéria-prima deveria ser analisado.

Como foi determinada a análise apenas para o indicador quantidade de resíduos sólidos, o gerente analisou este utilizando o Diagrama de Causa e Efeito, e apontou apenas uma causa para a ocorrência de sobra no processo, neste caso o tamanho da chapa padrão pois como há variedade de produtos é inviável a compra de chapas em medidas específicas.

A mesma análise descrita anteriormente ocorreu para o item 1100, produção para estoque, cujo formulário de análise é apresentado na Figura 57.

O indicador avaliado pelo responsável da empresa foi a quantidade de resíduos sólidos provenientes de sobra de matéria-prima, porém comparando os indicadores que não agregam valor o mais representativo é o tempo de transporte de matéria-prima.. Todos os indicadores *Lean-Green* medidos na fase 1 foram apresentados nesta fase para fins comparativos e identificação do indicador mais representativo.

Assim, determinada as causas para ocorrência do indicador quantidade de resíduos sólidos, o gerente verificou as melhorias que poderiam ser realizadas para minimizar ou eliminar a ocorrência deste indicador. Esta última fase será apresentada na próxima seção.

Figura 56 - Formulário para Análise dos Indicadores *Lean-Green* do Processo de Corte – Item 406026.

	<b>FORMULÁRIO PARA ANÁLISE DOS INDICADORES LEAN-GREEN</b>								
<b>Processo:</b> Corte	<b>Responsável:</b> Ricardo Tomazoni	<b>Data:</b> 13/02/17							
Os dados mensurados devem ser transposto para este formulário visando a verificação do indicador representativo que não agrega valor e análise das causas destas atividades.									
1) Verificação do indicador numericamente mais representativo. Primeiramente os dados mensurados na primeira fase devem ser preenchidos no Quadro 1: Indicadores por Atividade. Estes mesmos dados são representados no Gráfico 1, assim é possível identificar o indicador representativo e ao tipo de atividade que está relacionado.									
Quadro 1: Indicadores por Atividade									
Ordem de Produção 406026		Atividades							
		Desnecessárias que Não Agregam		Necessárias que Não Agregam Valor			Agrega Valor		
Indicadores <i>Lean-Green</i>	Unidade	R	E	S	TMP	TPP	TE	I	P
Tempo	s/pc			2,00	10,00		2,80	1,20	1,40
Consumo de Energia	kWh/pc			0,005					0,004
Consumo de Matéria-Prima	kg/pc								53,92
Quantidade de Resíduos Sólidos	kg/pc								3,68

**• R: Retrabalho; E: Espera; S: Setup; TMP: Transporte de Matéria-Prima; TPP: Transporte entre processos;**  
**• TE: Transporte para o estoque; I: Inspeção; P: Processamento**

Gráfico 1: Indicadores *Lean-Green*

Indicador Tempo (s/pc)

Indicador Consumo de Energia (kWh/pc)

Indicador Consumo de Matéria-Prima( kg/pc)

Indicador Quantidade de Resíduos Sólidos (kg/pc)

- Identificado o (s) indicador (es) mais representativos, deve-se especificá-los no campo abaixo para a realização da análise das causas.  
 Indicador (es) a ser analisado: Quantidade de Resíduos Sólidos: 3,68 kg

2) Para identificar as possíveis causas, define-se a ferramenta Diagrama de Causa e Efeito. Esta ferramenta considera que as causas podem ser associadas as seis possíveis causas principais (Matéria-Prima, Máquina, Medição, Meio-Ambiente, Mão-de-Obra e Método). Um roteiro simples para a utilização da ferramenta é descrito a seguir.

Matéria-Prima

Máquina

Medição

Causa

Causa

Causa

Tamanho da chapa padrão

Causa

Quantidade de Resíduos Sólidos (Sobrn) de Processamento

**Roteiro:**

- O indicador e o tipo de atividade que não agrega valor deve ser descrito no lado direito do diagrama.
- Todas as possíveis causas devem ser descritas em cada uma das seis possíveis áreas.
  - Matéria-prima: qualquer causa relacionada a problemas com componentes ou matéria-prima;
  - Máquina: qualquer causa relacionada a problemas com equipamentos;
  - Medição: qualquer causa relacionada a equipamentos de medição do processo ou controle do processo;
  - Meio-Ambiente: qualquer causa relacionada com o meio-ambiente ou local;
  - Mão-de-obra: qualquer causa relacionado à falta humana ou relacionado às pessoas;
  - Método: qualquer causa relacionada a forma de trabalho.
- Concluída a listagem de ideias, deve-se analisar quais as causas podem impactar mais no indicador que não agrega valor.

Figura 57 - Formulário para Análise dos Indicadores *Lean-Green* do Processo de Corte - Item: 1100.

FORMULÁRIO PARA ANÁLISE DOS INDICADORES LEAN-GREEN										
Processo: Corte		Responsável: Ricardo Tomazoni			Data: 13/02/17					
Os dados mensurados devem ser transposto para este formulário visando a verificação do indicador representativo que não agrega valor e análise das causas destas atividades.										
1) Verificação do indicador numericamente mais representativo. Primeiramente os dados mensurados na primeira fase devem ser preenchidos no Quadro 1: Indicadores por Atividade. Estes mesmos dados são representados no Gráfico 1, assim é possível identificar o indicador representativo e ao tipo de atividade que está relacionado.										
Quadro 1: Indicadores por Atividade										
Ordem de Produção 406026		Atividades								
Indicadores <i>Lean-Green</i>	Unidade	Desnecessárias que Não Agregam Valor		Necessárias que Não Agregam Valor				Agrega Valor		
		R	E	S	TMP	TPP	TE	I	P	
Tempo	s/pc			8,00	10,06			4,00	4,00	1,50
Consumo de Energia	kWh/pc			0,020						0,004
Consumo de Matéria-Prima	kg/pc									87,00
Quantidade de Resíduos Sólidos										5,00

**• R: Retrabalho; E: Espera; S: Setup; TMP: Transporte de Matéria-Prima; TPP: Transporte entre processos;**  
**• TE: Transporte para o estoque; I: Inspeção; P: Processamento**

Gráfico 1: Indicadores *Lean-Green*

Indicador Tempo (s/pc)

Indicador Consumo de Energia (kWh/pc)

Indicador Consumo de Matéria-Prima (kg/pc)

Indicador Quantidade de Resíduos Sólidos (kg/pc)

- Identificado o (s) indicador (es) mais representativos, deve-se especificá-los no campo abaixo para a realização da análise das causas. Identicar (es) a ser analisado: Quantidade de Resíduos Sólidos: 3,68 kg

2) Para identificar as possíveis causas, define-se a ferramenta Diagrama de Causa e Efeito. Esta ferramenta considera que as causas podem ser associadas as seis possíveis causas principais (Matéria-Prima, Máquina, Medida, Meio-Ambiente, Mão-de-Obra e Método). Um roteiro simples para a utilização da ferramenta é descrito a seguir.

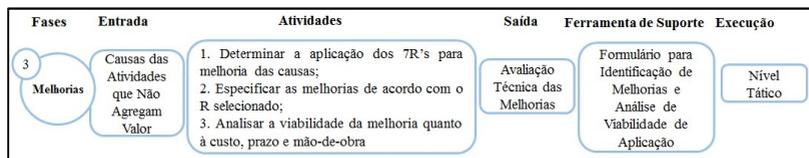
**Roteiro:**

- O indicador e o tipo de atividade que não agrega valor deve ser descrito no lado direito do diagrama.
- Todas as possíveis causas devem ser descritas em cada uma das seis possíveis áreas.
  - Matéria-prima: qualquer causa relacionada a problemas com componentes ou matéria-prima;
  - Máquina: qualquer causa relacionada a problemas com equipamentos;
  - Medição: qualquer causa relacionada a equipamentos de medição do processo ou controle do processo;
  - Meio-Ambiente: qualquer causa relacionada com o meio-ambiente ou local;
  - Mão-de-obra: qualquer causa relacionado à falha humana ou relacionado às pessoas;
  - Método: qualquer causa relacionada a forma de trabalho.
- Concluída a listagem de ideias, deve-se analisar quais as causas podem impactar mais no indicador que não agrega valor.

### 4.7.3 Fase 3: Melhorias

A última fase da sistemática, fase 3, consiste em determinar melhorias e avaliar sua implantação considerando custo, prazo e mão-de-obra. Esta fase possui os componentes mostrados na Figura 58.

Figura 58 - Componentes da Fase 3: Melhorias.



Fonte: Da autora.

Assim, determinada a causa para a ocorrência do indicador quantidade de resíduos sólidos, o responsável utilizou a ferramenta destinada a esta fase para realização das atividades. No entanto, compreendendo melhor esta fase, o gerente da empresa ampliou a aplicação aos indicadores representativos das atividades necessárias que não agregam valor, são estes: tempo de transporte de matéria-prima, comum aos dois itens analisados e tempo de inspeção do item 1100.

A Figura 59 apresenta o formulário utilizado. Como a causa foi comum aos dos produtos analisados, apenas um formulário foi empregado.

O responsável identificou claramente os erros possíveis para a melhoria das causas, principalmente os erros não tão usuais como receita e repensar. A especificação das melhorias descritas corretamente com o erro selecionado, por exemplo, para o indicador quantidade de resíduos sólidos (sobra) os erros escolhidos foram reutilizar e receita. As melhorias determinadas pelo responsável segundo estes erros foram reutilizar a sobra de matéria-prima no mesmo processo, utilizar para outros processos na confecção de produtos distintos e menores, e outra alternativa seria vender esta sobra a fim de gerar receita para a empresa.

Além disso, realizou a análise de viabilidade quanto a custo, prazo e mão-de-obra necessária para a implantação destas melhorias. A variável custo foi determinada pelo custo de mão-de-obra empregada para esta melhoria, com exceção da alteração de layout que inclui o aluguel de equipamentos para a movimentação das máquinas.

Salienta-se que a empresa já possui a prática de reutilização e venda dos resíduos sólidos, no entanto, esta não é padronizada e depende

unicamente da decisão do operador. Assim, em alguns casos a sobra que poderia ser utilizada no processo pode ser enviada para a caixa de sucata.

Assim, com a última fase realizada a Sistemática para Integração *Lean-Green* para MPE foi aplicado e de uma forma participativa entre os colaboradores da empresa e a pesquisadora. Na próxima seção será apresentada uma análise da aplicação da sistemática na empresa X.

Figura 59 - Formulário para Identificação e Análise da Viabilidade de Melhorias de Processo.

FORMULÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DA VIABILIDADE DE MELHORIAS DE PROCESSO																																															
		Código do Produto: 406026 e 1100		Responsável: Ricardo Tomazoni	Data: 13/02/2017																																										
* Identificadas as causas dos indicadores das atividades que não agregam valor, neste formulário é apresentada a ferramenta 7R's para identificação da possibilidade de melhorias. Além disso, deve-se especificar as melhorias de acordo com a opção da ferramenta e analisar a viabilidade da implementação no processo.																																															
* Análisa a (s) causa (s) das atividades que não agregam valor, determina-se quais "R" podem ser aplicados. Cada um destes 7R's é apresentado abaixo:																																															
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir: As atividades e recursos necessários que não agregam valor podem ser reduzidos? Especificamente as atividades de setup, transporte, inspeção e os recursos naturais consumidos pelas mesmas.</li> <li>• Reutilizar: Os resíduos resultantes das atividades desnecessárias e necessárias que não agregam valor podem ser aproveitados em sua forma original no processo ou em outros processos? Sendo estes resíduos sobra de matéria-prima e refulgos.</li> <li>• Reciclar: Os resíduos resultantes das atividades desnecessárias e necessárias que não agregam valor podem ser transformados por meio de alteração de suas propriedades em insumos ou novos produtos? Estes resíduos são: sobras de matéria-prima, refulgos e cavaco.</li> <li>• Remover: As atividades desnecessárias e necessárias que não agregam valor podem ser retiradas do processo? Por exemplo, a eliminação da atividade de retrabalho, espera, transporte e inspeção.</li> <li>• Renovável: A matéria-prima utilizada na atividade de processamento pode ser de fontes renovável ou biodegradável? Assim, a matéria que não pode ser reduzida, reciclada ou removida terá menor impacto ambiental.</li> <li>• Receita: Os resíduos resultantes das atividades desnecessárias e necessárias que não agregam valor podem ser vendidos? Assim, não sendo aplicáveis os "R's" mencionados anteriormente se verifica neste "R" se as sobras de matéria-prima, cavacos ou refulgos podem ser vendidos gerando receita para a empresa.</li> <li>• Repensar: Os tempos desnecessários e necessários que não agregam valor e materiais que não agregam valor podem ser eliminados ou reduzidos de outras maneiras?</li> </ul>																																															
* Assim, deve-se assinalar com X os "R" que podem ser aplicados visando a melhoria de processo.																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Indicador</th> <th>Tipo de Atividade</th> <th>Causa</th> <th>Reduzir</th> <th>Reutilizar</th> <th>Reciclar</th> <th>Remover</th> <th>Renovar</th> <th>Receita</th> <th>Repensar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quantidade de resíduos sólidos</td> <td>Processamento</td> <td>Tamanho da chapa</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tempo</td> <td>Transporte de matéria-prima</td> <td>Método</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tempo</td> <td>Inspeção</td> <td>Medição</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>								Indicador	Tipo de Atividade	Causa	Reduzir	Reutilizar	Reciclar	Remover	Renovar	Receita	Repensar	Quantidade de resíduos sólidos	Processamento	Tamanho da chapa		X				X		Tempo	Transporte de matéria-prima	Método	X							Tempo	Inspeção	Medição							X
Indicador	Tipo de Atividade	Causa	Reduzir	Reutilizar	Reciclar	Remover	Renovar	Receita	Repensar																																						
Quantidade de resíduos sólidos	Processamento	Tamanho da chapa		X				X																																							
Tempo	Transporte de matéria-prima	Método	X																																												
Tempo	Inspeção	Medição							X																																						
* Determinadas os "Erres" que podem ser aplicados, deve-se especificar a melhoria relacionada ao "Erre" este.																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Indicador</th> <th>Tipo de Atividade</th> <th>Causa</th> <th>Melhorias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quantidade de resíduos sólidos</td> <td>Processamento</td> <td>Tamanho da chapa</td> <td>Enviar a sobra para um local específico para ser reutilizada no processo.</td> </tr> <tr> <td>Quantidade de resíduos sólidos</td> <td>Processamento</td> <td>Tamanho da chapa</td> <td>A sobra pode ser utilizada na confecção de produtos disintos e menores</td> </tr> <tr> <td>Quantidade de resíduos sólidos</td> <td>Processamento</td> <td>Tamanho da chapa</td> <td>A sobra pode ser vendida como sucata para os "sucateiros", promovendo receita para empresa</td> </tr> <tr> <td>Tempo</td> <td>Transporte de matéria-prima</td> <td>Método</td> <td>Na possibilidade de redução de tempo, temos sobra para produção de outras peças de outras ordens de produção, aproveitando mais a mão-de-obra. Para que isso ocorra, precisaríamos fazer com que o layout da empresa fique de uma forma com que as máquinas estejam próximas ao local do estoque das peças depois de produzidas.</td> </tr> <tr> <td>Tempo</td> <td>Inspeção</td> <td>Medição</td> <td>A inspeção atual é feita a "olho nu", onde o funcionário que executou a peça faz uma breve análise a fim de saber se há alguma imperfeição depois de produzido. Uma melhoria que achamos interessante implementar, seria padronizar a inspeção nas peças depois de produzidas, onde o funcionário faz toda a conferência das medidas das peças, assim teríamos a total garantia que o produto está sendo entregue ao cliente conforme foi solicitado.</td> </tr> </tbody> </table>								Indicador	Tipo de Atividade	Causa	Melhorias	Quantidade de resíduos sólidos	Processamento	Tamanho da chapa	Enviar a sobra para um local específico para ser reutilizada no processo.	Quantidade de resíduos sólidos	Processamento	Tamanho da chapa	A sobra pode ser utilizada na confecção de produtos disintos e menores	Quantidade de resíduos sólidos	Processamento	Tamanho da chapa	A sobra pode ser vendida como sucata para os "sucateiros", promovendo receita para empresa	Tempo	Transporte de matéria-prima	Método	Na possibilidade de redução de tempo, temos sobra para produção de outras peças de outras ordens de produção, aproveitando mais a mão-de-obra. Para que isso ocorra, precisaríamos fazer com que o layout da empresa fique de uma forma com que as máquinas estejam próximas ao local do estoque das peças depois de produzidas.	Tempo	Inspeção	Medição	A inspeção atual é feita a "olho nu", onde o funcionário que executou a peça faz uma breve análise a fim de saber se há alguma imperfeição depois de produzido. Uma melhoria que achamos interessante implementar, seria padronizar a inspeção nas peças depois de produzidas, onde o funcionário faz toda a conferência das medidas das peças, assim teríamos a total garantia que o produto está sendo entregue ao cliente conforme foi solicitado.																
Indicador	Tipo de Atividade	Causa	Melhorias																																												
Quantidade de resíduos sólidos	Processamento	Tamanho da chapa	Enviar a sobra para um local específico para ser reutilizada no processo.																																												
Quantidade de resíduos sólidos	Processamento	Tamanho da chapa	A sobra pode ser utilizada na confecção de produtos disintos e menores																																												
Quantidade de resíduos sólidos	Processamento	Tamanho da chapa	A sobra pode ser vendida como sucata para os "sucateiros", promovendo receita para empresa																																												
Tempo	Transporte de matéria-prima	Método	Na possibilidade de redução de tempo, temos sobra para produção de outras peças de outras ordens de produção, aproveitando mais a mão-de-obra. Para que isso ocorra, precisaríamos fazer com que o layout da empresa fique de uma forma com que as máquinas estejam próximas ao local do estoque das peças depois de produzidas.																																												
Tempo	Inspeção	Medição	A inspeção atual é feita a "olho nu", onde o funcionário que executou a peça faz uma breve análise a fim de saber se há alguma imperfeição depois de produzido. Uma melhoria que achamos interessante implementar, seria padronizar a inspeção nas peças depois de produzidas, onde o funcionário faz toda a conferência das medidas das peças, assim teríamos a total garantia que o produto está sendo entregue ao cliente conforme foi solicitado.																																												
<p>* Determinadas as melhorias, analisa-se a viabilidade de cada uma destas quanto aos recursos que devem ser empregados custo, prazo e necessidade de mão-de-obra.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Custo: consiste em estimar o valor a ser investido para a implantação da melhoria;</li> <li>- Prazo: compreende na estimação do tempo requerido para a implantação da melhoria;</li> <li>- Mão-de-obra: consiste em estimar o número de funcionários necessários para a implantação da melhoria.</li> </ul>																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Melhorias</th> <th>Custo</th> <th>Prazo</th> <th>Mão-de-Obra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Enviar a sobra para um local específico para ser reutilizada no processo.</td> <td>R\$ 0,52</td> <td>3 segundos</td> <td>01 funcionário</td> </tr> <tr> <td>A sobra pode ser utilizada na confecção de produtos disintos e menores</td> <td>R\$ 1,80</td> <td>10 segundos</td> <td>01 funcionário</td> </tr> <tr> <td>A sobra pode ser vendida como sucata para os "sucateiros", promovendo receita para empresa</td> <td>R\$ 0,00</td> <td>-</td> <td>01 funcionário</td> </tr> <tr> <td>Alterar o layout da empresa de uma forma com que as máquinas estejam próximas ao local do estoque das peças depois de produzidas.</td> <td>R\$ 210,00</td> <td>09 horas</td> <td>02 funcionários</td> </tr> <tr> <td>Padronizar a inspeção nas peças depois de produzidas, onde o funcionário faz toda a conferência das medidas das peças, assim teríamos a total garantia que o produto está sendo entregue ao cliente conforme foi solicitado.</td> <td>R\$ 0,89</td> <td>01 min 40 seg</td> <td>01 funcionário</td> </tr> </tbody> </table>								Melhorias	Custo	Prazo	Mão-de-Obra	Enviar a sobra para um local específico para ser reutilizada no processo.	R\$ 0,52	3 segundos	01 funcionário	A sobra pode ser utilizada na confecção de produtos disintos e menores	R\$ 1,80	10 segundos	01 funcionário	A sobra pode ser vendida como sucata para os "sucateiros", promovendo receita para empresa	R\$ 0,00	-	01 funcionário	Alterar o layout da empresa de uma forma com que as máquinas estejam próximas ao local do estoque das peças depois de produzidas.	R\$ 210,00	09 horas	02 funcionários	Padronizar a inspeção nas peças depois de produzidas, onde o funcionário faz toda a conferência das medidas das peças, assim teríamos a total garantia que o produto está sendo entregue ao cliente conforme foi solicitado.	R\$ 0,89	01 min 40 seg	01 funcionário																
Melhorias	Custo	Prazo	Mão-de-Obra																																												
Enviar a sobra para um local específico para ser reutilizada no processo.	R\$ 0,52	3 segundos	01 funcionário																																												
A sobra pode ser utilizada na confecção de produtos disintos e menores	R\$ 1,80	10 segundos	01 funcionário																																												
A sobra pode ser vendida como sucata para os "sucateiros", promovendo receita para empresa	R\$ 0,00	-	01 funcionário																																												
Alterar o layout da empresa de uma forma com que as máquinas estejam próximas ao local do estoque das peças depois de produzidas.	R\$ 210,00	09 horas	02 funcionários																																												
Padronizar a inspeção nas peças depois de produzidas, onde o funcionário faz toda a conferência das medidas das peças, assim teríamos a total garantia que o produto está sendo entregue ao cliente conforme foi solicitado.	R\$ 0,89	01 min 40 seg	01 funcionário																																												
*Obs.: Não houve custo nem prazo para venda de sucata. Pois para valer a pena vender a sucata, teria que ter um acumulo grande para ser feita uma venda grande. Com isso não conseguimos mensurar o custo e prazo para isso, somente a receita que teríamos com a venda da sobra.																																															
**Obs.: O custo, prazo e mão-de-obra seriam para fazer a modificação do layout do estoque das chapas.																																															

Fonte: Empresa X (2017).

#### 4.7.4 Análise da Aplicação da Sistemática para Integração *Lean-Green*: Empresa X

A estrutura da sistemática resultou em uma melhor compreensão do seu objetivo, uma vez que se pode estabelecer uma relação desde a descrição da fase até a saída desta. A reformulação da primeira fase facilitou sua aplicação pelos colaboradores da empresa, utilizando palavras de fácil compreensão para os operadores de processo e o sequenciamento de dados semelhante as atividades realizadas no chão-de-fábrica. Ademais, envolveu os colaboradores desde o chão-de-fábrica até o nível tático.

As fases seguintes da sistemática permitiram que os colaboradores de níveis táticos realizassem análises com base nos dados de processos, evitando a alocação de mão-de-obra dedicada a esta atividade. No entanto, alguns pontos devem ser considerados para futuras aplicações, pois não foram realizados corretamente pelos colaboradores da empresa.

- O preenchimento do horário de transporte final da matéria-prima não foi realizado, pois os operadores dos processos, corte e dobra, consideraram o horário de início da preparação como o horário este horário final.
- Os horários de inspeção e horários de transporte de peças não foram descritos para todos os produtos.
- Na fase de análise, as análises das causas não foram exploradas pela falta de conhecimento do Diagrama de Causa e Efeito.

Porém, destaca-se que os 7R's foram compreendidos facilmente pelo responsável, uma vez que somente um artigo emprega esta ferramenta com esta descrição. Além disso, as ferramentas de suporte em geral foram compreendidas devido às palavras empregadas e orientações de utilização nos formulários, sendo os formulários de fácil manuseio devido o formato em A4, bem como tamanho de letra legível e campos de preenchimento adequados à utilização. Sendo, portanto, aplicável a uma micro e pequena empresa do setor metal-mecânico.

## 4.8 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados das aplicações da sistemática demonstram a importância de métodos orientadores a micro e pequenas empresas. Isto porque, estas empresas possuem em geral um número de funcionários reduzido, e se torna inviável dedicar apenas um responsável para coleta de dados de processo. Além disso, os operadores de processos possuem maior conhecimento de suas operações e podem realizar as atividades sem afetar a produtividade do processo.

As melhorias adotadas facilitaram a realização das atividades por meio da utilização de formulários simples e com palavras de fácil entendimento.

O processo de desenvolvimento da sistemática demonstrou a necessidade de estudos voltados às características das MPEs, devido existir apenas um artigo voltado para esta, e empregava ferramentas para um caso específico. Além disso, a pesquisadora possuía conhecimento em grandes empresas multinacionais e, em um primeiro momento as ferramentas de suporte desenvolvidas estavam baseadas nesta experiência. No entanto, quando ocorreram as visitas às empresas e em seguida as aplicações piloto, constatou-se a necessidade da reformulação da primeira fase da sistemática e desenvolvimento das seguintes fases considerando as características verificadas in-loco das MPEs.

Ademais, a pesquisa-ação realizada na empresa X resultou em melhorias na sistemática e em uma troca de experiências que contribuiu para que os participantes realizassem a aplicação. Demonstrando que a sistemática para integração *Lean-Green* é aplicável nas MPEs, e atitude dos gerentes impulsiona a aplicação tendo em vista que o método contribui para a mensuração dos indicadores, analisa as causas para ocorrência e apresenta possíveis soluções de acordo com a ferramenta 7R's.

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As alterações ambientais e a crise econômica têm sido destaque atual no cenário internacional e nacional, assim é necessário que as empresas produzam conforme a demanda do mercado e utilizando apenas os recursos naturais necessários. Principalmente, no âmbito de micro e pequenas empresas no qual existem poucos estudos, como apresentado na revisão bibliográfica sistemática, e dificuldades em obter colaboração destas para aplicação de métodos desenvolvidos.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma sistemática para integração entre as abordagens enxuta e verde visando a sustentabilidade econômica e sustentabilidade ambiental direcionado a micro e pequenas empresa do setor metal-mecânico. Além disso, constatou-se a falta de estudos voltados a este porte de empresa, uma vez que realizada a revisão bibliográfica sistemática apenas um artigo tratava do tema e ainda assim não desenvolveu um método de integração.

O desenvolvimento da sistemática para integração *Lean-Green* proposta considerou os objetivos principais de cada uma das abordagens, maximização do valor para o cliente e consumo eficiente de recursos naturais por meio da eliminação dos desperdícios e atividades que não agregam valor. Os principais indicadores estabelecidos para mensurar o processo foram: tempo para representar o desperdício enxuto, consumo de energia, consumo de matéria-prima e quantidade de resíduos sólidos para os desperdícios ambientais abrangendo atividades desnecessárias que não agregam valor (retrabalho, espera), atividades necessárias que não agregam valor (setup, transporte e inspeção) e atividade que agregam valor (processamento).

Destaca-se neste trabalho a forma de mensuração dos indicadores por peça manufaturada, uma vez que a maioria dos estudos apresentados na RBS indicam a mensuração mensal.

A sistemática desenvolvida não abrangeu os desperdícios ambientais de emissões para ar e água, devido a autora utilizar os principais indicadores utilizados pelos autores das RBS. Assim fluidos de cortes de usinagem não foram considerados neste trabalho.

Considera-se que a forma de aplicação da sistemática para integração *Lean-Green* é relativamente simples, uma vez que possui uma estrutura lógica e estabelecem ferramentas a serem utilizadas em cada fase. Assim, os desperdícios enxutos e ambientais do processo de fabricação

de um produto são medidos, analisados e direcionadas ações para minimizar o impacto ambiental e econômico das suas atividades. A sistemática para integração *Lean-Green* assegura a redução do impacto ambiental por meio da eliminação das atividades e desperdícios que não agregam valor, ou seja, não é realizada uma atividade que o cliente não está disposto e conseqüentemente não utiliza recursos naturais ineficientemente.

Para realizar a análise das causas das atividades que não agregam valor utilizando o Diagrama de Causa e Efeito, constatou-se que é necessário que a empresa possua conhecimento prévio da ferramenta. Uma vez que o gerente da empresa não explorou as demais causas para ocorrência da atividade no processo.

Destaca-se a compreensão da ferramenta 7R's direcionada ao estabelecimento de melhorias pelo usuário. Além disso, as ferramentas utilizadas pelos operadores de processo foram consideradas relativamente simples e utilizando palavras de fácil entendimento. No entanto, algumas informações de horário de inspeção e transporte de peças não foram preenchidas completamente. É necessário o estabelecimento de melhorias para que os usuários utilizem completamente as ferramentas de acompanhamento do processo e o diagrama de causa e efeito.

Ademais, as empresas que futuramente decidam por aplicar esta sistemática de integração devem possuir como pré-requisito o envolvimento dos colaboradores da empresa e possuir o entendimento da importância da questão ambiental para a empresa. Pois, a aplicação da sistemática na segunda empresa foi facilitada principalmente devido os donos possuírem um compromisso com esta questão, uma vez que realiza há 30 anos o tratamento de resíduos do processo de zincagem.

Por meio deste trabalho, verificou-se a importância de uma sistemática que estabeleça um passo a passo das atividades que devem ser realizadas, ferramentas para medição de indicadores, direcionadores de possíveis melhorias que possam ser realizadas e sua viabilidade financeira. Além do mais, a vontade do gerente em colaborar com a aplicação destes métodos demonstrou a importância do envolvimento deste para que as MPEs apliquem cada vez mais a sustentabilidade ambiental nos processos e também reduzam atividades que não agregam valor.

Como ocorreram algumas dificuldades utilizando a sistemática proposta, sugere-se como trabalhos futuros:

- Estabelecer melhorias na ferramenta de acompanhamento de processo a fim de que os colaboradores preencham com mais facilidade os dados de processo;

- Desenvolver um manual de utilização da sistemática para facilitar a adoção pelas MPEs.
- Intensificar o desenvolvimento em conjunto do formulário de análise de indicadores visando envolver os operadores e o gerentes no brainstorming das causas para a ocorrência dos indicadores que não agregam valor.
- Desenvolver uma forma de mensuração para os desperdícios ambientais: emissões para o ar e água.
- Incluir as demais atividades que não agregam valor, como: superprodução, processamento extra, defeitos e estoques desnecessários.



## REFERÊNCIAS

AGUADO, S.; ALVAREZ, R.; DOMINGO, R. **Model of efficient and sustainable improvements in a lean production system through processes of environmental innovation.** Journal of Cleaner Production, v. 47, p. 141-148, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612006427>>.

ALEXANDER, C. K.; SADIKU, M. N. O. **Fundamentos de circuitos elétricos.** Tradução de José Lucimar do Nascimento. 5. ed. Porto Alegre : AMGH, 2013. P. 874.

ALVES, J. L. S.; MEDEIROS, D. D. **Eco-efficiency in Micro-Enterprises and Small Firms: a case study in the automotive services sector.** Journal of Cleaner Production, v. 108, part A, p. 595-602, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615009919>>.

BALBINOT, Z. BORIM-De-SOUZA, R. **Sustainable Development and Sustainability as quasi-objects of Study in Management: A Search for Styles of Reasoning.** Management Research: Journal of the Iberoamerican Academy of Management, v. 10, n. 3, p. 153-186, 2012. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/1536-541211273856>>.

BASHKITE, V.; KARAULOVA, T. **Integration of Green Thinking into Lean Fundamentals by Theory of Inventive Problem-Solving Tools.** In: Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium, v. 23, p. 345-350. Viena, Áustria 2012. Disponível em: <[http://www.daaam.info/Downloads/Pdfs/proceedings/proceedings\\_2012/0345\\_Bashkite&Karaulova.pdf](http://www.daaam.info/Downloads/Pdfs/proceedings/proceedings_2012/0345_Bashkite&Karaulova.pdf)>.

BERGMILLER, G. G. **Lean Manufacturers Transcendence to Green manufacturing: Correlating the Diffusion of Lean and Green manufacturing Systems.** Graduate Theses and Dissertations. University of South Florida. Doctor of Philosophy. Department of Industrial and Management Systems Engineering. 2006. Disponível em: <<http://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3456&context=etd>>.

BÍBLIA. Português. **Bíblia Sagrada**. Tradução de João Ferreira de Almeida. São Paulo: Sociedade Bíblica do Brasil, 2011. 1664 p. Edição Revista e Atualizada.

BNDES. **Apoio às Micro, Pequenas e Médias Empresas**. Departamento de Divulgação. Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4261/1/Cartilha%20MPME%202015.pdf>>.

BRECHT, Bertolt. **The Mother**. Disponível em: <[https://en.wikiquote.org/wiki/Bertolt\\_Brecht#Poems.2C\\_1913-1956\\_.281976.29](https://en.wikiquote.org/wiki/Bertolt_Brecht#Poems.2C_1913-1956_.281976.29)>.

CAPES. **Portal de Periódicos**. 2016. Disponível em: <<http://www-periodicos-capes-gov-br.ez46.periodicos.capes.gov.br/>>

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Elsevier - ABEPRO, 2012. p. 456.

CASSELS, S. LEWIS, K. **SMEs and Environmental Responsibility: Do Actions Reflect Attitudes?** Corporate Social Responsibility and Environmental Management, v. 18, n. 3, p. 186-199, 2011. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/csr.269/epdf>>.

CASSELS, S.; LEWIS, K. **SMEs and Environmental Responsibility: Do Actions Reflect Attitudes?** Corporate Social Responsibility and Environmental Management, v. 18, n. 3, p. 186-199, 2011. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/csr.269/epdf>>.

CHEN, L.; XIANG, Q. **Improving Green manufacturing Education in China Universities and College**. Proceedings of 2013 4th International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation (IEMI2013). p. 1055-1064. 2014. Disponível em: <[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-40060-5\\_101](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-40060-5_101)>.

CHUANG, S. P.; YANG, C. L. **Key success factors when implementing a green-manufacturing system**. Journal Production Planning & Control, v. 25, n. 11, p. 923-937, 2014. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537287.2013.780314>>.

DEIF, A. M. A. **System Model for Green manufacturing**. Journal of Cleaner Production, v. 19, n. 14, p. 1553–1559, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611001922#>>.

DEMAJOROVIC, J. SANTIAGO, A. L. F. **Responsabilidade Socioambiental na Micro e Pequena Empresa: Práticas e Desafios**. GESTÃO.Org - Revista Eletrônica de Gestão Organizacional, v. 9, n. 2, p. 254-281. 2011. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/gestaoorg/index.php/gestao/article/viewFile/390/201>>.

DIAZ-ELSAIED, N.; JONDRAL, A.; GREINACHER, S.; DORN-FELD, D.; LANZA, G. **Assessment of lean and green strategies by simulation of manufacturing systems in discrete production environments**. CIRP Annals - Manufacturing Technology, v. 62, n. 1, p. 475–478. 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000785061300067X>>.

DIGALWAR, A. K.; TAGALPALLEWAR, A. R.; SUNNAPWAR, V. K. **Green manufacturing performance measures: an empirical investigation from Indian manufacturing industries**. Measuring Business Excellence, v. 17, n. 4, p. 59-75, 2013. Disponível em:<<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/MBE-09-2012-0046>>.

DOMINGO, R. AGUADO, S. **Overall Environmental Equipment Effectiveness as a Metric of a Lean and Green Manufacturing System**. Sustainability, v. 7, n. 7, p. 9031-9047, 2015. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2071-1050/7/7/9031>>.

DORNFELD, D. A. **Moving Towards Green and Sustainable Manufacturing**. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, v. 1, n. 1, p. 63-66, 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s40684-014-0010-7>>.

DORNFELD, D.; YUAN, C.; DIAZ, N.; ZHANG, T.; VIJAYARAGHAVAN, A. Introduction to Green Manufacturing. In: DORNFELD, D. (Ed.). **Green Manufacturing: Fundamentals and Applications**. New York: Springer, 2013. p. 1-23.

DUARTE, S.; Cruz-Machado, V. **Modelling lean and green: a review from business models**. International Journal of Lean Six

Sigma, v. 4, n. 3, p. 228-250, 2013. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/IJLSS-05-2013-0030>>.

DUES, C. M.; TAN, K. H.; LIM, M. **Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain.** Journal of Cleaner Production, v. 40, p. 93-100, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611005646>>.

EDTMAYR, T.; SUNK, A.; SIHN, W. An Approach to Integrate Parameters and Indicators of Sustainability Management into Value Stream Mapping. In: TETI, R. (Ed.), **Procedia CIRP: 48th CIRP Conference on Manufacturing Systems - Research and Innovation in Manufacturing: Key Enabling Technologies for the Factories of the Future - CIRP CMS 2015**, Ischia (Naples), Italy: Elsevier, v. 41, 2016, p. 289-294. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115008884>>.

ELKINGTON, J. **CANNIBALS WITH FORKS: The Triple Bottom Line of 21st Century Business.** United Kingdom: Capstone, 1997. 425 p.

EPA, **Memorandum: EPA Definition of "Pollution Prevention"**. United States Environmental Protection Agency. 1992. Disponível em: <<http://www2.epa.gov/sites/production/files/2014-09/documents/pollprev.pdf>>

EPA. **Life-Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles.** Cincinnati - Ohio. 1993. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/30003W9K.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1991+Thru+1994&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C91thru94%5CTxt%5C00000005%5C30003W9K.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL>>.

EPA. **The Lean and Environment Toolkit**. 2007. Disponível em: <<http://www.epa.gov/lean/environment/toolkits/environment/>>.

FERCOQ, A.; LAMOURI, S.; CARBONE, V.; LELIÈVRE, A.; LEMIEUX, A. A. Combining lean and green in manufacturing: a model of waste management. In: HASSANI, V. (Ed.), **IFAC Proceedings Volumes: 7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control**. Saint Petersburg, Russia: Elsevier, v. 46, n. 9, 2013, p. 117-122. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016342719>>.

FERREIRA, J. C. E. **Planejamento do Processo Assistido por Computador - CAPP: Projeto de operações de Usinagem** - Notas de Aula. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

FIEPR. **Complexo Metal Mecânico**. Disponível em: <[http://www.fiepr.org.br/fomentoedesarrollo/cadeiasprodutivas/uploadAddress/metalmecanico\[19560\].pdf](http://www.fiepr.org.br/fomentoedesarrollo/cadeiasprodutivas/uploadAddress/metalmecanico[19560].pdf)>. Acesso em: 13/11/16

FISCHER, J.; WEINERT, N.; HERRMANN, C. Method for selecting improvement measures for discrete production environments using an extended energy value stream model. In: SELIGER, G.; YUSOF, M. (Eds.), **Procedia CIRP : 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing – Emerging Potentials**. Johor Bahru - Malaysia: Elsevier, v. 26, 2015, p. 133-138. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114009135>>.

FORCELLINI, F. A. **Desenvolvimento de Serviços** - Notas de aula. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

FUKUYAMA, F. **The Social Virtues and the Creation of Prosperity**. New York: Free Press Paperback, 1995. 457 p.

GARZA-REYES, J. A. **Lean and Green – a Systematic Review of the State of the Art Literature**. Journal of Cleaner Production, v. 102, p. 18-29, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615004394>>.

GIMENEZ, C. SIERRA, V. RONDON, J. **Sustainable operations: Their impact on the triple bottom line.** International Journal of Production Economics, v. 140, n. 1, p. 149-159, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527312000503>>.

GIRET, A.; TRENTESAUXB, D.; PRABHU, V. **Sustainability in manufacturing operations scheduling: A state of the art review.** Journal of Manufacturing Systems, v. 37, n. 1, p. 126-140, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612515000606>>.

GONZALEZ-BENITO, J.; GONZALEZ-BENITO, O. **Environmental Proactivity and Business Performance: an empirical analysis.** Omega: An International Journal of Management Science, v. 33, n. 1, p. 1-15, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305048304000349>>.

GUERRINI, D. P. **Eletrotécnica Aplicada e Instalações Elétricas Industriais.** 2. ed. São Paulo: Editora Érica, 1993.

GREENDEX. **Greendex 2014: Consumer Choice and the Environment – Worldwide Tracking Survey.** 2014. Disponível em: <[http://images.nationalgeographic.com/wpf/media-content/file/NGS\\_2014\\_Greendex\\_Highlights\\_FINAL-cb1411689730.pdf](http://images.nationalgeographic.com/wpf/media-content/file/NGS_2014_Greendex_Highlights_FINAL-cb1411689730.pdf)>.

GREINACHER, S.; MOSER, E.; HERMANN, H.; LANZA, G. Simulation based assessment of lean and green strategies in manufacturing systems. In: KARA, S. (Ed), **Procedia CIRP: The 22nd CIRP Conference on Life Cycle Engineering.** Sydney, Austrália: Elsevier, v. 29, 2015, p. 86-91. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115000955>>.

GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R. **A Proposal for the Classification of Toxic Substances within the Framework of Life Cycle Assessment of Products.** Chemosphere, v. 26, n. 10, p. 1925-1944, 1993. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004565359390086K>>.

HALLAM, C.; CONTRERAS, C. **Integrating lean and green management.** Management Decision, v. 54, n. 9, p. 2157-2187, 2016. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/MD-04-2016-0259>>.

HAUSCHILD, M. Z; JESWIET, J. ALTING, L. **Design for Environment - Do We Get the Focus Right?** CIRP Annals - Manufacturing Technology, v. 53, n. 1, p. 1-4, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850607606313>>.

HINES, P. **Lean & Green. Source: The home of Lean Thinking**, United Kingdom, 3rd ed, p. 1-4, 2009.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean**. Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Centre - Cardiff Business School, 2000. p. 53. Disponível em: <<http://leancompetency.org/wp-content/uploads/2015/09/Going-Lean.pdf>>.

IBGE. **As Micro e pequenas empresas comerciais e de serviços no Brasil: 2001**. Coordenação de Serviços e Comércio. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv1898.pdf>>.

IBGE. **Comissão Nacional de Classificação**. Disponível em: <<http://cnae.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html?view=secao&tipo=cnae&versaoSubclasse=9&versaoClasse=7&secao=C>>. Acesso em: 20/11/16

JASTI, N. V. K.; KODALI, R. **A Literature Review of Empirical Research Methodology in Lean manufacturing**. International Journal of Operations & Production Management, v. 34, n. 8, p. 1080-1122, 2014. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/IJOPM-04-2012-0169?journalCode=ijopm>>.

KURDVE, M.; SHAHBAZI, S.; WENDIN, M.; BENGTTSSON, C.; WIKTORSSON, M. **Waste flow mapping to improve sustainability of waste management: a case study approach**. Journal of Cleaner Production, v. 98, p. 304-315, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614006647>>.

LELÉ, S. M. **Sustainable Development: A Critical Review**. World Development – Journal, v. 19, n. 6, p. 607-621, 1991. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0305750X9190197P>>.

LIKER, J. K. **Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers**. New York: Productivity Press, 2004. 560 p.

MANZAN, R. **Busca da P+L por Meio da Produção Enxuta: Estudo de Casos Múltiplos em Indústrias de Fundição**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2013. Disponível em: < [www.teses.usp.br/teses/disponiveis/.../Dissert\\_RONALDO\\_MANZAN.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/.../Dissert_RONALDO_MANZAN.pdf)>.

MARTIN, M. J.; RIGOLA, M. **Incorporating cleaner production and environmental management systems in environmental science education at the University of Girona**. International Journal of Sustainability in Higher Education v. 2, n. 4, p. 329-338, 2001. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/EUM0000000006028>>.

MBOHWA, S. F. C. **Greening manufacturing practices in a continuous process industry: Case study of a cement manufacturing company**. Journal of Engineering, Design and Technology, v. 13, n. 1, p. 94–122, 2015. Disponível em: < <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/JEDT-04-2014-0019>>.

MEBRATU, D. **Sustainability and Sustainable Development: Historical and Conceptual Review**. Environmental Impact Assessment Review, v. 18, n. 6, p. 493-520, 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925598000195>>.

MELTON, T. **The Benefits of Lean manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries**. Chemical Engineering Research and Design, v. 83, n. 6, p. 662–673, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876205727465#>>.

MILLER, G.; PAWLOSKI, J.; STANDRIDGE, C. **A case study of lean, sustainable manufacturing**. Journal of Industrial Engineering and Management, v. 3, n. 1, p. 11-32. 2010. Disponível em: <<http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/viewFile/156/50>>.

MORIOKA, S. N. **O desafio da integração da sustentabilidade no sistema de mensuração de desempenho corporativo: Contribuições de um estudo bibliométrico e estudos de casos**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-12122014-152518/pt-br.php>>.

MOSTAFA, S.; DUMRAK, J. Waste Elimination for Manufacturing Sustainability. In: KURNIAWAN, D.; NOR, F. M. (Eds.), **Procedia Manufacturing: 2nd International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference**, MIMEC2015. Bali, Indonesia: Elsevier, v. 2, 2015, p. 11-16. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915000049>>.

NALLUSAMY, S.; DINAGARAJ, G. B.; BALAKANNAN, K.; SATHEESH, S. **Sustainable Green Lean Manufacturing Practices in Small Scale Industries - A Case Study**. International Journal of Applied Engineering Research, v. 10, n. 62, p.143-146, 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/283749171\\_Sustainable\\_green\\_lean\\_manufacturing\\_practices\\_in\\_small\\_scale\\_industries\\_-\\_A\\_case\\_study](https://www.researchgate.net/publication/283749171_Sustainable_green_lean_manufacturing_practices_in_small_scale_industries_-_A_case_study)>.

NG, R.; LOW, J. S. C.; SONG, B. **Integrating and Implementing Lean and Green practices based on proposition of Carbon-Value Efficiency metric**. Journal of Cleaner Production, v. 95, p. 242-255, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615001560>>.

OROZCO, I.; MCELROY, R.; SIMARD, R. **Applying Strategic Sustainability: For Small and Medium-Sized Enterprises**. Thesis (Master of Strategic Leadership towards Sustainability). School of Mechanical Engineering. Blekinge Institute of Technology. Karlskrona, Sweden. 2008. Disponível em: <<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:830310/FULLTEXT01.pdf>>.

OSORIO, L. A. R.; LOBATO, M. O.; CASTILLO, X.A.D. **Debates on Sustainable Development: Towards a Holistic View of Reality**. Environment, Development and Sustainability, v. 7, n. 4, p. 501-518, 2005. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-004-5539-0>>.

OTTE, H. **Um Estudo de Caso sobre as Alterações Cognitivas de um Gestor de MPE sob Influência do Desenvolvimento Sustentável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento). Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/107291/318854.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

PAMPANELLI, A. B. **L&GBM – Modelo para um Negócio Enxuto e Verde**. Tese (Doutorado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/96565?locale=en>>.

PAMPANELLI, A. B.; FOUND, P.; BERNARDES, A. M. **A Lean & Green Model for a production cell**. Journal of Cleaner Production. Vol. 85. p. 19-30. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613003958>>.

PAMPANELLI, A.; FOUND, P.; BERNARDES, A. M. **A Lean and Green Kaizen Model**. In: 22nd Annual Conference of the Production and Operations Management Society. Reno, Nevada, U. S. A. 2011. Disponível em: <<http://www.pomlearning.org/reno/fullpapers/020-0310%20A%20Lean%20and%20Green%20Kaizen%20Model.pdf>>.

PUVANASVARAN, A. L.; PERUMAL, A.; TIAN, R. K. S.; VASU, S. A. L.; MUHAMAD, M. R. **Integration Model of ISO 14001 with Lean Principles**. American Journal of Applied Sciences, v. 9, n. 12, p. 1974-1978, 2012. Disponível em: <<http://thesicpub.com/html/10.3844/ajassp.2012.1974.1978/>>.

PUVANASVARAN, A. P.; KERK, R. S. T.; MUHAMAD, M. R. Principles and Business Improvement Initiatives of Lean Relates to Environmental Management System. In: **First Technology Management Conference (ITMC)**, p. 439-444, 2011. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5996010/>>.

PUVANASVARAN, P.; TIAN, R. K. S.; VASU, S. A. L. **Lean Environmental Management Integration System for Sustainability of ISO 14001:2004 Standard Implementation**. Journal of Industrial Engineering and Management, v. 7, n. 5, p. 1124-1144, 2014. Disponível em: <<http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/907>>.

RAMANI, K.; RAMANUJAN, D.; BERNSTEIN, W. Z.; ZHAO, F.; SUTHERLAN, J.; HANDWERKER, C.; CHOI, J. K.; KIM, H.; THURSTON, D. **Integrated Sustainable Life Cycle Design: A Review**. Journal of Mechanical Design, v. 132, n. 9, 2010. Disponível em: <<http://mechanicaldesign.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1450129>>.

REDMOND, J.; WALKER, E.; WANG, C. **Issues for small businesses with waste management.** Journal of Environmental Management, v. 88, n. 2, p. 275-285, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479707000862>>.

ROMVALL, K.; KURDVE, M.; BELLGRAN, M.; WICTORSSON, J. Green Performance Map – An Industrial Tool for Enhancing Environmental Improvements within a Production System. In: HESSELBACH, J.; HERRMANN, C. (Eds.), **Globalized Solutions for Sustainability in Manufacturing: Proceedings of the 18th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering.** Braunschweig, Germany: Springer Berlin Heidelberg, 2011, p 353-358. Disponível em: < [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-19692-8\\_61](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-19692-8_61) >.

SAMPAIO, RF.; MANCINI, RF. **Estudos de Revisão Sistemática: Um Guia para Síntese Criteriosa da Evidência Científica.** Revista Brasileira de Fisioterapia, v. 11, p. 83-89, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-35552007000100013&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-35552007000100013&script=sci_abstract&tlng=pt)>.

SAVITZ, A. W. **The triple bottom line: how today's best-run companies are achieving economic, social, and environmental success.** San Francisco: Jossey-Bass: AWiley Brand, 2014. 352 p.

SEBRAE. **Anuário do trabalho na micro e pequena empresa: 2014.** 7. ed. / Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas; Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos [responsável pela elaboração da pesquisa, dos textos, tabelas, gráficos e mapas]. Brasília - DF, 2015. Disponível em: <[observatorio.sebrae.org.br/midias/downloads/10092015100002.pdf](http://observatorio.sebrae.org.br/midias/downloads/10092015100002.pdf)>

SEBRAE. **CrITÉrios de Classificação de Empresas: MEI - ME - EPP.** Disponível em: <<http://www.leffa.pro.br/textos/abnt.htm#5.16.4>>. Acesso em: 10/10/2015.

SEBRAE. **O que Pensam as Micro e Pequenas Empresas sobre Sustentabilidade.** Série Estudos e Pesquisas. Brasília - DF, 2012. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/1C7B72252F68A728832579F30068BDF3/\\$File/NT00047606.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/1C7B72252F68A728832579F30068BDF3/$File/NT00047606.pdf)>

SEBRAE. **Participação das Micro e Pequenas Empresas na Economia Brasileira**. Brasília - DF, 2014. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Estudos%20e%20Pesquisas/Participacao%20das%20micro%20e%20pequenas%20empresas.pdf>>

SHAH, R.; WARD, P. T. **Lean manufacturing Context, Practice Bundles, and Performance**. *Journal of Operations Management*, v. 21, n. 2, p. 129–149, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272696302001080>>.

SHAH, R.; WARD, T. **Defining and Developing Measures of Lean Production**. *Journal of Operations Management*, v. 25, n. 4, p. 785–805, 2007. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272696307000228>>.

STODDARD, J. E.; POLLARD, C. E.; EVANS, M. R. **The Triple Bottom Line: A Framework for Sustainable Tourism Development**. *International Journal of Hospitality & Tourism Administration*, v. 13, n. 3, p. 233-258, 2012. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15256480.2012.698173>>.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. 2. ed. São Paulo: Cortez Editora, 1986. p. 108.

TORIELLI, R. M.; ABRAHAMS, R. A.; SMILLIE, R. W.; VOIGT, R. C. **Using lean methodologies for economically and environmentally sustainable foundries**. *China Foundry*, v. 8, n. 1, p. 74-88. 2010. Disponível em: <<http://www.foundryworld.com/upload-file/201131448791469.pdf>>.

TRANFIELD, D.; DENYER, D. Producing a Systematic Review. In: BUCHANAN, D. A.; BRYMAN, A. (Ed.) **The SAGE Handbook of Organizational Research Methods**. London: Sage Publication, 2009. p. 671-689.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. **Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review**. *British Journal of Management*, v. 14, p. 207-222, 2003. Disponível em: <<https://www.cebma.org/wp-content/uploads/Tranfield-et-al-Towards-a-Methodology-for-Developing-Evidence-Informed-Management.pdf>>.

UNEP (ONU). **Cleaner Production Assessment in Dairy Processing**. 2000. Disponível em: <<http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/2480-CpDairy.pdf>>.

UNEP (ONU). **Resource Efficient and Cleaner Production**. 2015. Disponível em: <<http://www.unep.fr/scp/cp/>>.

VASCONCELOS, P. H. **Viabilidade da Adoção dos Indicadores de Sustentabilidade da Diretriz GRI na Estratégia de Sustentabilidade Organizacional em Redes de Micro e Pequenas Empresas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012. Disponível em: <[http://repositorio.ut-fpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1461/1/PG\\_PPGEPM\\_Vasconcelos%2C%20Patr%C3%ADcio%20Henrique%20de\\_2012.pdf](http://repositorio.ut-fpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1461/1/PG_PPGEPM_Vasconcelos%2C%20Patr%C3%ADcio%20Henrique%20de_2012.pdf)>.

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, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615018466>>

VERRIER, B.; ROSE, B.; CAILLAUD, E.; REMITA, H. **Combining organizational performance with sustainable development issues: the Lean and Green project benchmarking repository**. *Journal of Cleaner Production*, v. 85, p. 83-93, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613008779>>.

VINODH, S.; ARVIND, K. R.; SOMANAATHAN, M. **Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives**. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 13, n. 3, p. 469-479. 2011. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10098-010-0329-x>>.

WBCDS. **Measuring Eco-efficiency: a guide to reporting company performance**. London. 2000. Disponível em: <<http://www.gdrc.org/sustbiz/measuring.pdf>>.

WHITMAN, L. E.; TWOMEY, J.; PATIL, A. **Greening the Value Stream: Towards na Environmental Index**. In: **IFAC Proceedings Volumes: 9th IFAC Symposium on Automated Systems Based on Human Skill and Knowledge**. Nancy, France: Elsevier, v. 39, n. 4,

2006, p. 109-113. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667015330378>>.

WILLS, B. **Green Intentions: Creating a Green Value Stream to Compete and Win**. New York: CRC Press - Taylor & Francis Group, 2009. p. 296.

WILSON, J. P. **The triple bottom line: undertaking an economic, social, and environmental retail sustainability strategy**. International Journal of Retail & Distribution Management, v. 43, n. 4-5, p. 432 – 447, 2015. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/IJRDM-11-2013-0210?journalCode=ijrdm>>.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation**. New York: Simon & Schuster, 1996. 350 p.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The Machine that Changed the World**. New York: Macmillan Publishing Company, 1990. 354 p.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED). **Report our common future Chapter 2: towards sustainable Development – A/42/427 Annex, Chapter 2**. 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#I>>.

XINYU, L.; JIAN, L. Research on the Integration of the Methods of Enterprise Value Stream and Material Flow - Based on the theory of lean production and circular economy. In: **Industrial Engineering and Engineering Management: 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, p. 243 - 247. Beijing, China. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5344598/>>.

## APÊNDICE A – PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

String	Ano	Autor	Título	
1	2010	Miller et al.	A case study of lean, sustainable manufacturing	
	2006	Whitman et al.	Greening the Value Stream: Towards an Environmental Index	
	2009	Xinyu e Jian	Research on the Integration of the Methods of Enterprise Value Stream and Material Flow - Based on the theory of lean production and circular economy	
	2010	Torielli et al.	Using lean methodologies for economically and environmentally sustainable foundries	
	2011	Puvanasvaran et al.	Principles and Business Improvement Initiatives of Lean Relates to Environmental Management System	
	2011	Romvall et al.	Green Performance Map – An Industrial Tool for Enhancing Environmental Improvements within a Production System	
	2011	Vinodh et al.	Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives	
	2012	Puvanasvaran et al.	Integration Model of ISO 14001 with Lean Principles	
	2013	Aguado et al.	Model of efficient and sustainable improvements in a lean production system through processes of environmental innovation	
	2013	Diaz-Elsayed et al.	Assessment of lean and green strategies by simulation of manufacturing systems in discrete production environments	
	2013	Fercoq et al.	Combining lean and green in manufacturing: a model of waste management	
	2	2014	Pampanelli et al.	A Lean & Green Model for a production cell
		2014	Puvanasvaran et al.	Lean Environmental Management Integration System for Sustainability of ISO 14001:2004 Standard Implementation
		2014	Verrier et al.	Combining organizational performance with sustainable development issues: the Lean and Green project benchmarking repository
		2015	Domingo e Aguado	Overall Environmental Equipment Effectiveness as a Metric of a Lean and Green Manufacturing System
		2015	Fischer et al.	Method for selecting improvement measures for discrete production environments using an extended energy value stream model
		2015	Greinacher et al.	Simulation based assessment of lean and green strategies in manufacturing systems
2015		Kurdve et al.	Waste flow mapping to improve sustainability of waste management: a case study approach	
2015		Mostafa e Dumrak	Waste Elimination for Manufacturing Sustainability	
2015		Nallusamy et al.	Sustainable Green Lean Manufacturing Practices in Small Scale Industries - A Case Study	
2015		Ng et al.	Integrating and implementing Lean and Green practices based on proposition of Carbon-Value Efficiency metric	
2016	Edtmayr et al.	An Approach to Integrate Parameters and Indicators of Sustainability Management into Value Stream Mapping		

## APÊNDICE B – INDICADORES AMBIENTAIS UTILIZADOS NO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

		Miller et al.	Whitman et al.	Xinyu e Jian	Toncelli et al.	Pavansavarn et al.	Romvall et al.	Vinoth et al.	Pavansavarn et al.	Aguado et al.	Diaz-Elbayed et al.	Fercoq et al.	Pampaloni et al.	Pavansavarn et al.	Verrier et al.	Domingo e Agudo	Fischer et al.	Grenacher et al.	Kurd et al.	Mosavi e Dirmak	Nallusamy et al.	Ng et al.	Edmaysr et al.	
Indicadores Ambientais	Energia	x		x	x	x			x		x		x		x	x								
	Água				x	x					x		x											
	Matéria-prima			x	x	x	x		x	x	x						x							
	Resíduos Sólidos	x		x	x	x		x	x	x	x		x					x					x	
	Materiais Tóxicos e Perigosos		x	x			x					x												
	Emissões Atmosféricas	x		x	x	x			x								x						x	
	Emissões Líquidas					x	x					x												
	Saúde e Segurança																							
	Impacto Ambiental								x							x						x		
Aspectos Ambientais Gerais	Sistema de Gestão Ambiental				x				x				x											
	Desperdício Ambiental																			x				

## APÊNDICE C - FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

	Müller et al.	Whitman et al.	Xinyu e Jian	Torelli et al.	Puvanavaran et al.	Romvall et al.	Vinoth et al.	Puvanavaran et al.	Aguado et al.	Díaz-Elisavet et al.	Ferreco et al.	Pampalelli et al.	Puvanavaran et al.	Verrer et al.	Domingo e Aguado	Fischer et al.	Gretinacher et al.	Kurdve et al.	Mosafae Dannek	Nalhusamy et al.	Ng et al.	Edmaysr et al.
5S									x													
5S + Segurança			x																			
5S + Segurança + Sustentabilidade						x																
5W2H									x													
7R			x																			
Análise de Efeito Variável									x													
Análise de Fluxo de Material (MFA)			x																			
Controle Estatístico de Processo									x													
Diagrama de Pareto									x													
Diagrama Input (matéria-prima) / Output (resíduos)									x													
DOE									x													
Ferramentas Estatísticas			x																			
Fluxo Físico/ Fluxo de Resíduos Sólidos									x													
FMEA									x								x					
Gerenciamento Visual									x													
Gráfico de Espaguete									x													
ISO 14000 - Cultura Organizacional				x																		
Kaizen	x					x				x												
LCA		x	x					x						x						x		

## APÊNDICE D - FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

		Milov et al.	Whitman et al.	Xinyu e Jian	Toniello et al.	Puvanavaran et al.	Romuald et al.	Vinodh et al.	Puvanavaran et al.	Aguiar et al.	Diaz-Pisoy et al.	Ferreoi et al.	Pampanelli et al.	Puvanavaran et al.	Verrier et al.	Domingo e Aguiar	Fischer et al.	Greimacher et al.	Kurba et al.	Mostafa e Dwinak	Nobusamy et al.	Ng et al.	Ethmyr et al.
Ferramentas Utilizadas	Lógica Fuzzy						x																
	Mapa de Desempenho Verde (GMP)				x																		
	Mapa de Fluxo de Resíduos																	x					
	Mapeamento de Fluxo de Valor Verde (GVSM)			x																			
	Mapeamento de Processo									x													
	Método a Prova de Falhas (Poka-Yokê)										x												
	Modelo de Fluxo de Valor de Energia Estendida															x							
	OEE														x								
	PDCA e Princípios de Valor <i>Lean</i>							x															
	QFD						x																
	Questionário e <i>Benchmarking</i>												x										
	Reduzir, Reusar e Recuperar										x												
	Representação IDEFO										x												
	Requisitos da ISO 14000 e Princípios de <i>Lean</i>													x									
	Sistema de Gestão				x																		
	Softwares de Simulação e Otimização	x								x							x						
	Trabalho Padronizado										x												
	VSM e Indicadores Ambientais		x	x	x			x	x			x								x	x	x	
	VSM	x																	x				

## APÊNDICE E – BALANÇA URANO 1 QUILOGRAMA

A balança apresentada a seguir, foi utilizada para a medição da quantidade de cavaco presente no processo de torneamento da empresa Z. O cavaco do processo foi primeiramente pressionado para a retirada do líquido lubrificante e assim retirado para sua pesagem. O peso medido foi correspondente as 5 peças manufaturadas, assim para determinar a quantidade de cavaco por peça foi realizada a divisão pelo número de peças produzidas.



Esta balança é um equipamento digital de uso simples, fácil de transporte e com capacidade de medição até 1 quilograma.

## APÊNDICE F– DETALHAMENTO DOS INDICADORES MEDIDOS NA APLICAÇÃO PILOTO – EMPRESA Z

A seguir, apresentam-se detalhadamente os indicadores medidos para cada processo da empresa Z.

Os indicadores medidos no processo de corte em serra mecânica foram: tempo de transporte de matéria-prima, tempo de *setup* e tempo de transporte entre processos, tempo de processo e quantidade de cavaco de processo. Os valores de cada um destes e sua classificação são apresentados no - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Corte em Serra Mecânica..

Quadro 18 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Corte em Serra Mecânica.

Atividades e Recursos Necessários que Não Agregam Valor	
T. Transp. MP (s):	5
T. Set. (s):	267
T. Transp. P. (s):	3
Atividade e 1 Recurso que Não Agrega Valor	
T. Proc. (s):	420
Qtd. Cav. (kg/pç):	0,015

Fonte: Empresa Z (2016).

Para o processo de faceamento 1 foram medidos os seguintes indicadores: tempo de transporte de matéria-prima, tempo de *setup*, tempo de inspeção e tempo de processo. A quantidade de cavaco gerada no processo foi medida no final do processo de furação 3 por ter sido realizada no mesmo torno. O Quadro 19 apresenta os valores medidos neste processo.

Quadro 19 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Faceamento 1.

Atividades e Recursos Necessários que Não Agregam Valor	
T. Transp. MP (s):	2
T. Set. (s):	133
T. Insp. (s):	2
Atividade e 1 Recurso que Não Agrega Valor	
T. Proc. (s):	75

Fonte: Empresa Z (2016).

No processo de furação 1 foram medidos os seguintes indicadores: tempo de *setup* e tempo de processo. O Quadro 20 apresenta os valores de cada um dos indicadores e sua classificação.

Quadro 20 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Furação 1.

Atividades e Recursos Necessários que Não Agregam Valor	
T. Set. (s):	110
Atividade e Recurso que Agrega Valor	
T. Proc. (s):	102

Fonte: Empresa Z (2016).

No processo de desbaste foram medidos os seguintes indicadores: tempo de *setup*, tempo de inspeção e tempo de processo. O Quadro 21 apresenta os valores dos indicadores medidos e suas respectivas classificações.

Quadro 21 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Desbaste.

Atividades e Recursos Necessários que Não Agregam Valor	
T. Set. (s):	45
T. Insp. (s):	3
Atividade e Recurso que Agrega Valor	
T. Proc. (s):	372

Fonte: Empresa Z (2016).

No processo de furação 2 foram medidos os seguintes indicadores: tempo de *setup*, tempo de inspeção e tempo de processo. O Quadro 22 apresenta os valores dos indicadores medidos e suas respectivas classificações.

Quadro 22 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Furação 2.

Atividades e Recursos Necessários que Não Agregam Valor	
T. Set. (s):	34
T. Insp. (s):	3
Atividade e Recurso que Agrega Valor	
T. Proc. (s):	45

Fonte: Empresa Z (2016).

No processo de faceamento 2 foram medidos os seguintes indicadores: tempo de *setup*, tempo de inspeção e tempo de processo. O Quadro 23 apresenta os valores medidos de cada um dos indicadores.

Quadro 23 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Faceamento 2.

Atividades e Recursos Necessários que Não Agregam Valor	
T. Set. (s):	40
T. Insp. (s):	3
Atividade e Recurso que Agrega Valor	
T. Proc. (s):	60

Fonte: Empresa Z (2016).

No processo de furação 3 os indicadores medidos foram: tempo de *setup*, tempo de processo, tempo de inspeção e quantidade de cavaco, este último indicador inclui os cavacos iniciados na etapa de faceamento 1 até a presente etapa. Os indicadores são apresentados no Quadro 24.

Quadro 24 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Furação 3.

Atividades e Recursos Necessários que Não Agregam Valor	
T. Set. (s):	60
T. Insp. (s):	3
Atividade e Recurso que Agrega Valor	
T. Proc. (s):	140
Qtd. Cav. (kg):	0,08

Fonte: Empresa Z (2016).

No processo rosqueamento foram medidos os seguintes indicadores: tempo de transporte de matéria-prima, tempo de *setup*, tempo de inspeção e tempo de processo. O Quadro 25 apresenta o resultado desta medição.

Quadro 25 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Rosqueamento.

Atividades e Recursos Necessários que Não Agregam Valor	
T. Transp MP (s):	3
T. Set. (s):	20
T. Insp. (s):	5
Atividade e Recurso que Agrega Valor	
T. Proc. (s):	18

Fonte: Empresa Z (2016).

No processo de corte a disco foram medidos os seguintes indicadores: tempo de transporte de matéria-prima, tempo de *setup*, tempo de transporte entre processos, tempo de inspeção e tempo de processo. O Quadro 26 apresenta o resultado da medição realizada.

Quadro 26 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Corte.

Atividades e Recursos Necessários que Não Agregam Valor	
T. Transp MP (s):	6
T. Set. (s):	3
T. Transp. P. (s):	2
T. Insp. (s):	2
Atividade e Recurso que Agrega Valor	
T. Proc. (s):	4

Fonte: Empresa Z (2016).

No processo de esmerilhamento foram medidos os seguintes indicadores: tempo de transporte de matéria-prima, tempo de transporte entre processos, tempo de inspeção e tempo de processo. Os valores de cada um dos indicadores são apresentados no Quadro 27.

Quadro 27 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Esmerilhamento.

Atividades e Recursos Necessários que Não Agregam Valor	
T. Transp MP (s):	2
T. Transp. P. (s):	4
T. Insp. (s):	1
Atividade e Recurso que Agrega Valor	
T. Proc. (s):	14

Fonte: Empresa Z (2016).

No processo de soldagem foram medidos os seguintes indicadores: tempo de *setup*, tempo de inspeção e tempo de processo. O resultado desta medição é apresentado no Quadro 28.

Quadro 28 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Soldagem.

Atividades e Recursos Necessários que Não Agregam Valor	
T. Set. (s):	6
T. Insp. (s):	2
Atividade e Recurso que Agregam Valor	
T. Proc. (s):	15

Fonte: Empresa Z (2016).

Na etapa final de processo do prolongador, montagem, foram medidos os seguintes indicadores: tempo de transporte de matéria-prima, tempo de inspeção e tempo de processo. Os indicadores medidos são apresentados no Quadro 29.

Quadro 29 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Montagem do Prolongador.

Atividades e Recursos Necessários que Não Agregam Valor	
T. Transp MP (s):	5
T. Insp. (s):	2
Atividade e Recurso que Agregam Valor	
T. Proc. (s):	17

Fonte: Empresa Z (2016).

## APÊNDICE G - DETALHAMENTO DOS INDICADORES MEDIDOS NA APLICAÇÃO PILOTO – EMPRESA X

Neste apêndice são apresentados detalhadamente os indicadores medidos no processo de corte e processo de dobra para a fabricação do produto: Caixa Contra-Peso Quadrada 92mm x 92mm x 1000mm de comprimento, chapa de aço comum, 1,25mm de espessura.

Os indicadores presentes no processo de corte foram: tempo de transporte de matéria-prima, tempo de setup, tempo de transporte entre processos, tempo de processo, consumo de energia, consumo de matéria-prima e quantidade de sobra. Os valores medidos e suas respectivas classificações quanto à atividade e recursos são apresentados no Quadro 30.

Quadro 30 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Corte.

Atividade e Rec. N NAV	
T. Transp MP (s):	6
T. Set. (s):	2
T. Transp. P. (s):	2
Atividade e 1 Rec. NAV	
T. Proc. (s):	3
Cons. Ener. (kW):	6,06
Cons. MP (kg):	4,65
Qtd. Sob. (kg):	1,25

Fonte: Empresa X (2016).

Como descrito na seção 4.6.4, foi necessário utilizar a medição indireta para o consumo de energia devido à falta do equipamento alicate wattímetro, assim a energia de corrente alternada foi medida duas vezes em cada uma das três fases da máquina no momento em que a chapa era cortada. O Quadro 31 apresenta o resultado das medições ocorridas para cada peça produzida.

Quadro 31 - Resultado das Medições de Consumo de Corrente (Fase por Peça).

	I <sub>1</sub> (A)		I <sub>2</sub> (A)		I <sub>3</sub> (A)	
	Peça <sub>1</sub>	Peça <sub>4</sub>	Peça <sub>2</sub>	Peça <sub>5</sub>	Peça <sub>3</sub>	Peça <sub>6</sub>
		10,1	10,2	11,1	11,3	11,2
Média	10,15		11,20		11,15	

Fonte: Elaborado pela Autora (2016).

Calculada a corrente consumida, estabeleceram-se os seguintes termos da equação: valor da tensão da fase em neutro correspondente a 220V e fator de potência  $FP=85\%=0,85$ , este último baseado no valor descrito por Guerrini (1993) para uma máquina guilhotina. Assim, com estes dados calculou-se o consumo de energia elétrica para a manufatura de cada peça utilizando a equação abaixo.

$$P = \frac{(220 \times 10,15 \times 0,85) + (220 \times 11,20 \times 0,85) + (220 \times 11,15 \times 0,85)}{1000}$$

$$P = 6,06 \text{ kW}$$

O processo para medir o indicador consumo de energia é semelhante para o processo de dobra. Consideram-se também a tensão da fase em neutro em 220 V e fator de potência em 85%, diferenciando-se à medição da corrente em cada fase devido ter sido medida a cada dobra realizada pela máquina. Ou seja, o consumo de corrente da fase resulta da média da soma das medições realizadas para cada dobra da peça produzida, como representado no Quadro 32.

Quadro 32 - Resultado da Medição da Corrente por Fase e Dobra de cada Peça.

		Corrente por Dobra			I <sub>Total por fase</sub>	I <sub>Média por fase</sub>
I <sub>Fase</sub>	Peça	D1	D2	D3		
I1	P1	7,5	7,5	7,3	22,3	22,20
I1	P4	7,3	7,3	7,5	22,1	
I2	P2	7,4	7,5	7,4	22,3	22,25
I2	P5	7,5	7,4	7,3	22,2	
I3	P3	7,6	7,4	7,5	22,5	22,30
I3	P6	7,3	7,5	7,3	22,1	

Fonte: Da autora.

O valor do indicador de consumo de energia calculado é apresentado juntamente com os demais indicadores medidos no processo de dobra. Os indicadores presentes no processo de dobra foram: tempo de *setup*, tempo de transporte processo, tempo de inspeção, tempo de processo, consumo de energia e consumo de matéria-prima. Sendo o resultado destas medições e suas respectivas classificações quanto à atividades e recursos mostrados no Quadro 33.

Quadro 33 - Indicadores *Lean-Green* do Processo de Dobra.

Atividade e Rec. N NAV	
T. Set. (s):	2
T. Transp. P. (s):	4
T. Insp. (s):	3
Atividade e Rec. AV	
T. Proc. (s):	14
Cons. Ener. (kW):	12,48
Cons. MP (kg):	3,4

Fonte: Elaborado pela autora (2016).