

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOSÉ RODOLFO LAURENTINO DOS SANTOS

**UM MODELO DE SUPORTE À DECISÃO PARA SELEÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE  
KPIs BASEADOS NOS SETE DESPERDÍCIOS DO *LEAN LOGISTICS* E NO  
*BALANCED SCORECARD***

SOROCABA

2021

JOSÉ RODOLFO LAURENTINO DOS SANTOS

**UM MODELO DE SUPORTE À DECISÃO PARA SELEÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE  
KPIs BASEADOS NOS SETE DESPERDÍCIOS DO *LEAN LOGISTICS* E NO  
*BALANCED SCORECARD***

Documento apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisitos parciais para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Sorocaba, 30 de março de 2021.

Orientador: Prof. Dr. João Eduardo Azevedo Ramos da Silva

Sorocaba

2021

Laurentino dos Santos, José Rodolfo

Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPIs baseados nos sete desperdícios do lean logistics e no balanced scorecard / José Rodolfo Laurentino dos Santos -- 2021.  
155f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba  
Orientador (a): João Eduardo Azevedo Ramos da Silva  
Banca Examinadora: José Geraldo Vidal Vieira, Maria Celia de Oliveira  
Bibliografia

1. Lean Logistics. 2. Balanced Scorecard. 3. Seleção de Indicadores Logísticos. I. Laurentino dos Santos, José Rodolfo. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -  
CRB/8 6979



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

---

### Folha de Aprovação

---

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato José Rodolfo Laurentino dos Santos, realizada em 30/03/2021.

#### Comissão Julgadora:

Prof. Dr. João Eduardo Azevedo Ramos da Silva (UFSCar)

Prof. Dr. José Geraldo Vidal Vieira (UFSCar)

Profa. Dra. Maria Celia de Oliveira (Universidade Mackenzie)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus e à minha família pela força e esperança que me deram para a realização dessa pesquisa.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a Deus por me dar condições e direcionamento para a realização desse trabalho e estudo.

Aos funcionários e professores da Universidade Federal de São Carlos pelo respeito, dedicação, e principalmente ao meu orientador pelo apoio e orientação a esse trabalho.

A toda minha família pelo apoio incondicional e por estarem ao meu lado quando eu não estava devido ao tempo dedicado ao mestrado.

Aos colegas de trabalho que se propuseram a contribuir para esta pesquisa.

Por fim, agradeço a todo o corpo docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção do *campus* de Sorocaba, que desempenham a missão de nos tornar profissionais capacitados. Em especial aos professores e aos membros da banca que gentilmente aceitaram participar do julgamento desta pesquisa.

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível, a persistência é o caminho do êxito”*

*Charlie Chaplin*

## RESUMO

SANTOS, J. R. L. *Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPIs baseados nos sete desperdícios do Lean Logistics e no Balanced Scorecard*. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, *campus Sorocaba*. Sorocaba, 2021.

A definição de um eficiente conjunto de indicadores de desempenho podem guiar as organizações ao alcance de seus principais objetivos estratégicos. Entende-se como um conjunto eficiente, ter uma quantidade de indicadores que cubram o processo gerido em uma quantidade adequada. Complementarmente, tais indicadores podem ser utilizados como norte para o desdobramento de todas as ações táticas e operacionais que as organizações executam. Metodologias baseadas em melhoria contínua utilizam indicadores para a mensuração e o controle de alternativas mais enxutas de seus processos, dentre os quais, os processos logísticos. Em paralelo, metodologias de desdobramento estratégico como o *balanced scorecard* (BSC) auxiliam na tradução dos objetivos estratégicos das organizações para as suas operações. O *lean logistics* é uma derivação do *lean manufacturing*, que foca nos processos logísticos entre os agentes da cadeia de suprimentos bem como nos processos logísticos internos das organizações. O foco do *lean logistics* é o combate aos sete desperdícios da filosofia *lean*, aplicados aos processos logísticos, a saber: superprodução, espera, transporte, movimentação, defeitos, excesso de estoque e processos inadequados. Relacionando aos temas apresentados, esta pesquisa propõe desenvolver um modelo para a seleção e priorização de um conjunto de indicadores ou KPIs (*key performance indicators*), necessários à mensuração e controle dos sete desperdícios do *lean logistics*, priorizados pela estratégia da organização baseada nas 4 perspectivas do BSC. Esta cesta de indicadores, identificados por meio da revisão da literatura, foi agrupada conforme os sete desperdícios e utilizada posteriormente dentro de um método de seleção. O uso das ferramentas de apoio à decisão DEMATEL e AHP auxiliou a escolha dos principais indicadores, primeiramente através dos desperdícios em que foram agrupados e ranqueados considerando as perspectivas do BSC como critérios. A pesquisa é feita por meio de um estudo de caso, realizado em uma empresa de grande porte, em meio à implantação da filosofia *lean*. Como resultado, propõe-se um modelo para auxiliar na definição e priorização de indicadores, além de prover uma lista de indicadores ranqueados para controlar os processos logísticos, baseados nos sete desperdícios do *lean logistics* e nas perspectivas do BSC. Esses indicadores foram suficientes para cobrir os 7 desperdícios de acordo com o agrupamento inicial apontando para um conjunto enxuto, mas amplo no sentido de cobrir todos os desperdícios. A solução sugerida pela metodologia considera um conjunto final de sete indicadores ranqueados conforme a preferência dos tomadores de decisão, trazendo os indicadores e perspectivas de cunho financeiro como norteadores para a priorização na aplicação desses indicadores, tanto nos vieses operacionais quanto estratégicos, dentro do estudo de caso aplicado.

Palavras-chave: *Lean Logistics*, *Balanced Scorecard*, DEMATEL, AHP, Seleção de Indicadores Logísticos.

## ABSTRACT

SANTOS, J. R. L. A decision support model to selection and prioritization of KPIs based on the 7 wastes from Lean Logistics and Balanced Scorecard. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba. Sorocaba, 2021.

The definition of an efficient set of performance indicators can guide the organizations to reach its main strategic objectives. It is understood as an efficient set, when the organization have a number of indicators that cover its process but in an adequate amount. In addition, such indicators can be used as a guide for the deployment of all tactical and operational actions that organizations perform. Methodologies based on continuous improvement use indicators for the measurement and control of leaner alternatives in its processes, among which, the logistical processes. In parallel, strategic deployment methodologies such as the Balanced Scorecard (BSC) assist in translating the organizations strategic objectives into their operations. The Lean Logistics is a derivation of lean manufacturing, which focuses on the logistics processes between supply chain agents as well as the internal logistics processes of organization. The focus of lean logistics is to oppose the seven wastes of lean philosophy, applied to logistics processes, as: Overproduction, Waiting, Transportation, Motion, Defects, Inventory and over-processing. Relating the themes presented, this research proposes a model for the selection and definition of a set of indicators or KPIs (key performance indicators), necessary for the measurement and control of seven wastes of lean logistics, prioritized by the organization's strategy, based on the BSC four perspectives. This set of indicators, identified through a literature review, was grouped according to the seven wastes, and used later within a selection method. The use of DEMATEL and AHP decision support tools, helped to choose the main indicators, primarily through the waste in which they were grouped and after ranked considering the BSC's perspectives as criteria. The research is done through a case study, carried out in a large company, in a moment of the implementation of lean philosophy. As a result, a model proposal was developed to assist the definition and prioritization of indicators, in addition to providing a list of indicators ranked to control the logistics processes, based on the seven wastes of lean logistics and the perspectives of the BSC. These indicators were sufficient to cover the 7 wastes according to the initial grouping. The solution suggested by the methodology considers a final set of seven indicators ranked according to the preference of decision makers in operational and strategic biases within the applied case study, considering the indicators based on financial perspectives as more applicable to support the strategies of the organization.

Keywords: *Lean Logistics*, *Balanced Scorecard*, DEMATEL, AHP, Logistics Indicators Selection.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da Revisão da Literatura .....	20
Figura 2 – Balanced Scorecard e suas Perspectivas .....	26
Figura 3 – Etapas do DEMATEL .....	29
Figura 4 – Estrutura Hierárquica Básica .....	34
Figura 5 – Estrutura sequencial dos procedimentos .....	42
Figura 6 – Conjunto de filtros e artigos .....	46
Figura 7 – Quantidade de publicações por ano .....	50
Figura 8 – Termos mais citados nos títulos e resumos .....	53
Figura 9 – Análise Fatorial de Correspondência .....	54
Figura 10 – Nuvem de palavras das conclusões dos artigos .....	55
Figura 11 – Agrupamento dos indicadores e os 7 desperdícios .....	63
Figura 12 – Matriz de Comparação .....	64
Figura 13 – Sequência de aplicações do método AHP .....	66
Figura 14 – Hierarquia para o problema de ranqueamentos de Indicadores .....	68
Figura 15 – Organograma da unidade de pesquisa .....	70
Figura 16 – Resultados propostos de cada etapa .....	72
Figura 17 – Diagrama de Causa e Efeito (Desperdícios) .....	81
Figura 18 – Diagrama de Causa e Efeito dos Indicadores (Superprodução) .....	90
Figura 19 – Diagrama de Causa e Efeito dos Indicadores (Transporte Excessivo) ...	91
Figura 20 – Diagrama de Causa e Efeito dos Indicadores (Estoques) .....	92
Figura 21 – Diagrama de Causa e Efeito dos Indicadores (Espera) .....	93
Figura 22 – Diagrama de Causa e Efeito dos Indicadores (Defeitos) .....	93
Figura 23 – Diagrama de Causa e Efeito dos Indicadores (Processamento Inadequado).....	94

Figura 24 – Diagrama de Causa e Efeito dos Indicadores (Movimentação Excessiva) .....	95
Figura 25 – Hierarquia de decisão para ranqueamento dos indicadores nas perspectivas do BSC .....	97
Figura 26 – Gráfico do ranqueamento das perspectivas em função do objetivo (rejulgamento) .....	98
Figura 27 – Gráfico do ranqueamento dos indicadores em função da perspectiva financeira (rejulgamento) .....	99
Figura 28 – Gráfico do ranqueamento dos indicadores em função da perspectiva clientes (rejulgamento) .....	99
Figura 29 – Gráfico do ranqueamento dos indicadores em função da perspectiva processos internos (rejulgamento) .....	100
Figura 30 – Gráfico do ranqueamento dos indicadores em função da perspectiva aprendizado e conhecimento (rejulgamento) .....	100
Figura 31 – Gráfico do ranqueamento dos indicadores em função do objetivo geral do modelo (rejulgamento) .....	101
Figura 32 – Slide 1 da entrevista (Etapa 2) .....	117
Figura 33 - Slide 2 da entrevista (Etapa 2) .....	118
Figura 34 – Slide 3 da entrevista (Etapa 2) .....	119
Figura 35 – Slide 1 da entrevista (Etapa 3) .....	120
Figura 36 – Slide 2 da entrevista (Etapa 3) .....	120
Figura 37 – Slide 3 da entrevista (Etapa 3) .....	121
Figura 38 – Slide 4 da entrevista (Etapa 3) .....	121
Figura 39 – Slide 1 da entrevista (Etapa 4) .....	122
Figura 40 – Slide 2 da entrevista (Etapa 4) .....	122
Figura 41 – Slide 3 da entrevista (Etapa 4) .....	123
Figura 42 – Slide 4 da entrevista (Etapa 4) .....	123
Figura 43 – Slide 5 da entrevista (Etapa 4) .....	124
Figura 44 – Ranqueamento das perspectivas em função do objetivo .....	141

Figura 45 – Ranqueamento dos indicadores em função da perspectiva financeira ....	142
Figura 46 – Ranqueamento dos indicadores em função da perspectiva cliente .....	142
Figura 47 – Ranqueamento dos indicadores em função da perspectiva processos internos .....	143
Figura 48 – Gráfico do ranqueamento dos indicadores em função da perspectiva aprendizado e crescimento .....	143
Figura 49 – Gráfico do ranqueamento dos indicadores em função do objetivo geral do modelo .....	144

## TABELAS

Tabela 1 – Periódicos, artigos e citações .....	52
Tabela 2 – Matriz de relação direta D entre os desperdícios .....	77
Tabela 3 – Matriz de relação direta entre os indicadores .....	78
Tabela 4 – Matriz D normalizada relacionada aos desperdícios .....	79
Tabela 5 – Matriz T de relação total (Desperdícios) .....	80
Tabela 6 – Relações finais e priorizações das correlações dos 7 Desperdícios .....	80
Tabela 7 – Matriz D normalizada relacionada aos indicadores do Desperdício – Superprodução .....	82
Tabela 8 – Matriz D normalizada relacionada aos indicadores do Desperdício – Transporte Excessivo .....	83
Tabela 9 – Matriz D normalizada relacionada aos indicadores do Desperdício – Estoque .....	83
Tabela 10 – Matriz D normalizada relacionada aos indicadores do Desperdício – Espera .....	83
Tabela 11 – Matriz D normalizada relacionada aos indicadores do Desperdício – Defeitos .....	84
Tabela 12 – Matriz D normalizada relacionada aos indicadores do Desperdício – Processamento Inadequado .....	84
Tabela 13 – Matriz D normalizada relacionada aos indicadores do Desperdício – Movimentação Excessiva .....	84
Tabela 14 – Matriz T de relação Total (Superprodução) .....	85
Tabela 15 – Matriz T de relação Total (Transporte Excessivo) .....	85
Tabela 16 – Matriz T de relação Total (Estoque) .....	86
Tabela 17 – Matriz T de relação Total (Espera) .....	86
Tabela 18 – Matriz T de relação Total (Defeitos) .....	87
Tabela 19 – Matriz T de relação Total (Processamento Inadequado) .....	87
Tabela 20 – Matriz T de relação Total (Movimentação Excessiva) .....	87

Tabela 21 – Relações finais e ranqueamento das correlações dos indicadores por desperdício .....	89
Tabela 22 – Lista final de indicadores e desperdícios ranqueados .....	96
Tabela 23 – Matriz de Relação Total (7 Desperdícios) .....	130
Tabela 24 – Matriz de Relação Total Indicadores (Superprodução) .....	130
Tabela 25 – Matriz de Relação Total de Indicadores (Transporte Excessivo) .....	130
Tabela 26 – Matriz de Relação Total de Indicadores (Estoque) .....	131
Tabela 27 – Matriz de Relação Total de Indicadores (Espera) .....	131
Tabela 28 – Matriz de Relação Total de Indicadores (Defeitos) .....	131
Tabela 29 – Matriz de Relação Total de Indicadores (Processamento Inadequado). .....	131
Tabela 30 – Matriz de Relação Total de Indicadores (Movimentação Excessiva) ....	132
Tabela 31 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 1 (Critérios) .....	133
Tabela 32 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 1 – Perspectiva Financeira (Alternativas) .....	133
Tabela 33 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 1 – Perspectiva Cliente (Alternativas) .....	134
Tabela 34 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 1 – Perspectiva Processos Internos (Alternativas) .....	134
Tabela 35 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 1 – Perspectiva Aprendizado e Conhecimento .....	135
Tabela 36 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 2 (Critérios) .....	135
Tabela 37 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 2 – Perspectiva Financeira (Alternativas) .....	136
Tabela 38 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 2 – Perspectiva Cliente (Alternativas) .....	136
Tabela 39 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 2 – Perspectiva Processos Internos (Alternativas) .....	137
Tabela 40 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 2 – Perspectiva Aprendizado e Conhecimento .....	137
Tabela 41 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 3 (Critérios) .....	138

Tabela 42 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 3 – Perspectiva Financeira (Alternativas) .....	138
Tabela 43 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 3 – Perspectiva Cliente (Alternativas) .....	139
Tabela 44 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 3 – Perspectiva Processos Internos (Alternativas) .....	139
Tabela 45 – Tabela Preenchida pelo Tomador de Decisão 3 – Perspectiva Aprendizado e Conhecimento .....	140
Tabela 46 – Rejulgamento dos tomadores de decisão (critérios) .....	145
Tabela 47 – Rejulgamento dos tomadores de decisão – Perspectiva Financeira (alternativas) .....	145
Tabela 48 – Rejulgamento dos tomadores de decisão – Perspectiva Cliente (alternativas) .....	146
Tabela 49 – Rejulgamento dos tomadores de decisão – Perspectiva Processos Internos (alternativas) .....	146
Tabela 50 – Rejulgamento dos tomadores de decisão – Perspectiva Aprendizado e Conhecimento (alternativas) .....	147

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Desperdícios e direcionadores para indicadores Lean .....	23
Quadro 2 – Estudos que associam seleção de indicadores e métodos para tomada de decisão .....	28
Quadro 3 – Grau de Influência .....	30
Quadro 4 – Escala numérica de Saaty .....	35
Quadro 5 – Limitações para o uso do método AHP .....	37
Quadro 6 – Vantagens relativas do método AHP .....	38
Quadro 7 – Protocolo para coleta de dados .....	43
Quadro 8 – Etapas de uma Revisão Sistemática .....	44
Quadro 9 – Bases e expressões de buscas .....	45
Quadro 10 – Título dos trabalhos e autores .....	48
Quadro 11 – Síntese dos trabalhos .....	49
Quadro 12 – Periódicos e seus indicadores .....	51
Quadro 13 – Indicadores levantados na pesquisa .....	57
Quadro 14 – Perfil dos Especialistas da entrevista .....	61
Quadro 15 – Perfil dos tomadores de decisão do modelo DEMATEL .....	65
Quadro 16 – Critérios utilizados no modelo AHP .....	67
Quadro 17 – Alternativas utilizadas no modelo AHP .....	67
Quadro 18 – Escala de julgamentos .....	69
Quadro 19 – Volume de materiais movimentados .....	71
Quadro 20 – Lista de indicadores iniciais da revisão sistemática da literatura .....	73
Quadro 21 – Agrupamento dos indicadores por desperdício .....	75
Quadro 22 – Perfil do tomador de decisão 1 .....	125
Quadro 23 – Correlação de influências entre os desperdícios TD1 .....	125

Quadro 24 – Correlação de influências entre os indicadores TD1 .....	126
Quadro 25 – Perfil do Tomador de Decisão 2 .....	126
Quadro 26 – Correlação de influências entre os desperdícios TD2 .....	127
Quadro 27 – Correlação de influências entre os indicadores TD2 .....	127
Quadro 28 – Perfil do Tomador de Decisão 3 .....	128
Quadro 29 – Correlação de influências entre os desperdícios TD3 .....	128
Quadro 30 – Correlação de influências entre os indicadores TD3 .....	129

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

ANP – *Analytic Network Process*

CHD – Classificação Hierárquica Descendente

DEA - *Data Envelopment Analysis*

DEMATEL - *Decision making trial and evaluation laboratory*

KPI – *Key performance indicator*

MCDM – *Multicriteria Decision Making*

PCP – Programação e Controle da Produção

PML – Prioridades médias locais

SJR - *SCImago Journal Rank*

STP – Sistema Toyota de Produção

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA E JUSTIFICATIVA .....	16
1.2 OBJETIVOS .....	18
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	18
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	20
2.1 OS SETE DESPERDÍCIOS E INDICADORES NO <i>LEAN LOGISTICS</i> .....	21
2.2 INDICADORES OPERACIONAIS LOGÍSTICOS NO BSC .....	24
2.3 TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO .....	27
<b>2.3.1 Método DEMATEL</b> .....	28
<b>2.3.2 Método AHP</b> .....	33
<b>2.3.3 Vantagens e Desvantagens do AHP</b> .....	36
2.4 CONCLUSÕES DA REVISÃO DA LITERATURA.....	39
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	40
3.1 CARACTERIZAÇÃO METODOLÓGICA .....	40
3.2 ESCOLHA DA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO .....	41
3.3 DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS .....	42
<b>3.3.1 Revisão Básica da Literatura sobre seleção de indicadores – Etapa 1</b> .....	44
<b>3.3.2 Agrupamento dos Indicadores nos 7 desperdícios – Etapa 2</b> .....	60
<b>3.3.3 Concepção do modelo do método DEMATEL – Etapa 3</b> .....	62
<b>3.3.4 Concepção do modelo do método AHP – Etapa 4</b> .....	65
3.4 A EMPRESA ESTUDADA – UNIDADE DE PESQUISA .....	70
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	72
4.1 LISTA DE INDICADORES LEVANTADOS NA REVISÃO DA LITERATURA .....	74
4.2 AGRUPAMENTO DOS INDICADORES NOS SETE DESPERDÍCIOS DO LEAN .....	75
4.3 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA ETAPA 3 – DEMATEL .....	76
4.4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA ETAPA 4 - AHP .....	96

<b>4.5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E REDISSCUSSÃO DOS RESULTADOS COM OS TOMADORES DE DECISÃO .....</b>	<b>98</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>103</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>117</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As operações logísticas mostram-se cada vez mais relevantes e com influência direta no resultado das organizações. A logística é uma atividade originalmente de suporte à produção, mas reconhecida por agregar valor operacional, uma vez que sua melhor gestão aumenta os níveis de confiabilidade nas entregas, reduz o tempo de ciclo do pedido e permite trabalhar com níveis mais baixos de estoque (BARBOSA, MUSSETI e KUMUROTO, 2006). Faria Costa (2009) reforça o reconhecimento de que as atividades logísticas agregam valor de tempo e lugar aos produtos e serviços entregues aos clientes, ampliando assim o desempenho das organizações. No entanto, Bertaglia (2009) alerta que cadeias de valor ineficientes podem resultar em grandes prejuízos financeiros, o que torna a gestão logística um campo fértil para pesquisas aplicadas.

Considerando que um processo pode ser gerenciado apenas quando é possível mensurá-lo, a utilização de indicadores de desempenho é uma forma de avaliar e monitorar os processos logísticos, além de reduzir custos e proporcionar um melhor nível de serviço aos clientes (HIJAR et al., 2005).

Toda e qualquer atividade deve ser avaliada e monitorada, cabendo aos gestores adotarem medidas para avaliação do desempenho das organizações, dentre os quais, seus processos logísticos (ZAGO et al., 2008). Ballou (2009) reconhece que há dificuldades na mensuração dos indicadores de nível de serviço das empresas. Mesmo com tais empecilhos, por meio de sistemas de medição do desempenho logístico, os tomadores de decisão buscam a melhoria destas operações nas organizações (BARBOSA, 2006).

Entende-se por sistema de medição de desempenho o uso de medidas para quantificar a eficiência e a eficácia das ações adotadas em uma operação, estando presente no ciclo que compõe o planejamento, execução, avaliação, controle e ação, sendo estas medidas fundamentais para uma melhor gestão de qualquer empresa (CORRÊA, 2014). Bowersox et al. (2014) reforçam que os sistemas de medição de desempenho logísticos só se tornam eficazes se forem desenvolvidos para cumprir três objetivos principais: monitorar, controlar e direcionar as operações logísticas.

Tendo em vista a relevância dos indicadores logísticos e a necessidade de definição de um conjunto eficiente de KPIs (*key performance indicators*), é preciso buscar métodos que auxiliem a escolha, seleção e priorização desses indicadores dentro das estratégias definidas pelos gerentes e tomadores de decisão das organizações. Reconhece-se que há um custo para implementação e manutenção dos sistemas de indicadores, e o seu excesso pode onerar

economicamente as organizações. Nesse contexto, torna-se necessário estabelecer procedimentos para a definição dos indicadores, e no que necessariamente esses indicadores estarão apoiados.

De maneira geral, as organizações adotam estruturas para os seus processos buscando integrar as suas decisões estratégicas, táticas e operacionais. Assim, torna-se necessário definir indicadores para controle dos processos e que transponham as necessidades operacionais, como a busca por melhoria contínua e processos enxutos, porém, que também estejam alinhados à estratégia da organização, para que possam gerar vantagens competitivas para a empresa.

Uma grande quantidade de autores estudaram alternativas para o auxílio a definição de indicadores. Ante et al. (2018) propuseram o desenvolvimento de uma árvore de indicadores para sistemas de produção *Lean*, considerando uma hierarquia de multi-níveis para a definição dos indicadores, assim como Iuga, Kifor e Rosca (2015) propuseram definir e selecionar indicadores operacionais no chão de fábrica considerando os 7 desperdícios como base do estudo.

Dentro das ferramentas operacionais de apoio a melhoria contínua, temos o *Lean Logistics* que se baseia na metodologia e na filosofia do *Lean Manufacturing* aplicadas às operações logísticas. Womack e Jones (1998) apresentam cinco princípios básicos do *Lean Thinking*, sendo eles, valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, sistema puxado e perfeição, princípios associados a uma logística enxuta. Além desses princípios, outro conceito norteador para aplicação do *Lean Logistics* são seus sete desperdícios. Trata-se de um direcionamento que visa a eliminação de desperdícios para reduzir custos, cuja ideia consiste em produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida, evitando sete desperdícios, a saber: Superprodução, Espera, Transporte, Movimentação, Defeitos, Excesso de Estoque e Processos Inadequados (Ohno, 1997).

É possível associar assim, os objetivos do *Lean Logistics* às demandas dos processos logísticos. Ribeiro, Silva e Benvenuto (2006) reforçam que a logística objetiva eliminar dos processos sob seu escopo tudo o que não agrega valor para o cliente. Atingir os objetivos de nível de serviço ao cliente, e o conseqüente custo, acaba por ter implicações em todos os estágios da cadeia de suprimentos, particularmente na gestão adequada das operações (BAKER, 2004). Já Tong, Xiao e Li (2015), avaliaram como o *lean logistics* pode influenciar na melhoria de indicadores financeiros, de organização interna e de satisfação dos clientes, dentre outros pontos, construindo uma matriz para avaliação da implementação do próprio *lean logistics* e considerando as perspectivas do *Balanced Scorecard*.

Seguindo essa lógica, baseando-se em entrevistas com especialistas e tomadores de decisão de diferentes níveis hierárquicos, é possível trazer as informações das diferentes visões da organização para as tomadas de decisão. Considera-se nesse estudo a utilização de 4 etapas para a entrada de dados: (1) primeiramente uma busca e seleção de indicadores na literatura; (2) o agrupamento dos indicadores selecionados por especialistas conforme os 7 desperdícios; (3) a utilização de tomadores de decisão a nível gerencial para a composição do modelo de decisão através das ferramentas DEMATEL; (4) a utilização dos mesmos tomadores de decisão da etapa anterior mas com o intuito de ranquear os indicadores utilizando o método AHP e considerando as perspectivas do BSC como critérios para os julgamentos.

Considerando que a busca por processos logísticos enxutos está cada vez mais inserida dentro das estratégias das organizações, a utilização dos 7 desperdícios clássicos do *Lean* pode facilitar a definição dos KPIs a serem monitorados. Ao apresentar os 7 desperdícios como estrutura inicial para a seleção dos indicadores e posteriormente utilizar o BSC para o alinhamento à estratégia organizacional, é possível ampliar a cobertura dos indicadores selecionados além da visão operacional do *lean logistics*.

A seleção de indicadores é objeto de estudos de diversos autores, utilizando uma variedade de métodos de auxílio para essa seleção, como o método AHP (HUANG, LAI e LIN, 2011; HSU et. al, 2011; WU, TZENG e CHEN, 2009), ANP (YÜKSEL e DAGDEVIREN, 2010; KUCUKALTAN, IRANI e AKTAS, 2016), SMARTER (VUKOMANOVIC E RADUJKOVIC, 2013), Delphi (WUDHIKARN et al., 2018); DEA (SARKIS e BAI, 2014) e DEMATEL (TORBACKI e KIJEWKA, 2018; PAN e NGUYEN, 2015).

Diferente de outros trabalhos, essa pesquisa utiliza um conjunto de entrevistas e questionários para validar os indicadores levantados na revisão da literatura, sendo estes vinculados aos sete desperdícios, e posteriormente ao BSC dentro de métodos de apoio à decisão. A revisão foi centrada nos temas de logística, indicadores de desempenho e *Lean*, para uma primeira seleção de indicadores levantados em artigos científicos. A seleção contou ainda com uma avaliação feita a partir de uma adaptação das quatro perspectivas do BSC e um sistema de pontuação relacionando os indicadores a tais perspectivas. Este procedimento buscou selecionar os indicadores com maior relação entre as perspectivas com o intuito de construir o conjunto inicial de indicadores. Após esta etapa, foi realizada a primeira entrevista com especialistas da área para o agrupamento dos indicadores dentro dos 7 desperdícios do *Lean*. Na sequência, um modelo de decisão multicritério é proposto a partir do método DEMATEL para avaliar as influências e importâncias dos indicadores agrupados por seus respectivos desperdícios, selecionando o indicador mais importante para cada desperdício. Como produto

desta etapa, foi obtido uma lista de indicadores cobrindo todos os desperdícios, sendo esta lista utilizada para compor um outro modelo de decisão multicritério a partir do método AHP. O segundo modelo possui o intuito de ranquear e priorizar os indicadores com base nas perspectivas do BSC e considerando as opiniões de tomadores de decisão com foco na estratégia da organização. A pesquisa é então, centrada em desenvolver um modelo genérico para seleção dos indicadores de desempenho. A título de validação, o modelo foi aplicado a uma empresa do setor de produção de alumínio por meio de um estudo de caso.

### 1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA E JUSTIFICATIVA

A abordagem clássica sobre melhoria contínua do desempenho das organizações foi criada por Taiichi Ohno e Toyota Sakichi Toyoda, conhecida como *Toyota Production System* (MODEN, 1998; OHNO, 1988). James Womack adotou o nome de *Lean Production* (J. WOMACK, JONES e ROSS, 1990), e mais tarde *Lean Thinking* (REICHART e HOLWEG, 2007; J. WOMACK e JONES, 1996), porém, mantendo-se o princípio básico da redução de custos através da eliminação de desperdícios. Já o BSC (*Balanced Scorecard*), introduzido por Kaplan e Norton em 1991 (KAPLAN e NORTON, 1992) é utilizado para auxiliar organizações em busca dos seus objetivos estratégicos através da implementação e acompanhamento de seus indicadores estratégicos.

Essas duas ferramentas utilizadas juntas, podem trazer para as organizações meios de gerir seus processos operacionais visando a eliminação de desperdícios (*lean manufacturing*) ao mesmo tempo que dialoga com a visão estratégica das perspectivas financeiras, de clientes, de processos internos e de aprendizado e conhecimento do BSC. Um conjunto de KPIs que traduz o viés operacional, ao mesmo tempo em que estão atrelados à estratégia dessas organizações, pode trazer benefícios no controle e no gerenciamento de toda a cadeia. No entanto, as organizações admitem que ao invés de adotarem uma metodologia sistematizada, por vezes estruturam seus conjuntos de KPIs baseados em práticas de mercado e de maneira empírica.

É verificado que há tanto na literatura quanto na prática, a carência de estudos que se utilizam da estrutura operacional dos 7 desperdícios do *lean logistics* e a estrutura estratégica das perspectivas do BSC para a seleção e priorização de indicadores. Baseado nisso, temos a seguinte questão de pesquisa desse estudo: “*Como selecionar os indicadores operacionais no lean logistics em função dos sete desperdícios, priorizando a sua implementação de acordo com a estratégia da organização dentro das perspectivas do BSC?*”.

Bai e Sarkis (2012) comentam que a identificação de KPIs é um aspecto crítico para a sustentabilidade de cadeias de suprimentos. Gunasekaran e Kobu (2007) falam que existem diversas maneiras de medir e avaliar cadeias de suprimentos, negócios e operações. Assim sendo, a necessidade de identificar os principais KPIs de um processo se tornam mais críticos quando um grande conjunto de indicadores já são utilizados (ZHU et al., 2008; DOTOLI et al., 2006).

A necessidade de trazer a visão dos especialistas da área e dos tomadores de decisão, apontam para estratégias que contemplem as opiniões desses profissionais. No entanto, na medida em que essas definições pessoais são determinadas pelos decisores de maneira estritamente empírica, o processo analisado pode perder sua característica de medição apropriada, já que é guiada e controlada por indicadores definidos sem critério. Devido a isso, diversos métodos vêm sendo utilizados para estruturar a seleção e a priorização de indicadores de desempenho.

Berrado e Chorfi (2015) descrevem que problemas de seleção de KPIs são considerados como um problema multiobjetivo. A análise de decisão multicritério então, pode ser utilizada para selecionar e ranquear os KPIs mais apropriados dentro dos critérios definidos (BERRADO e CHORFI, 2015).

Pan e Nguyen (2015) e Torbacki e Kijewska (2019) utilizaram o método multicritério DEMATEL para determinar a relação entre indicadores e critérios. Pan e Nguyen (2015) consideraram como critérios as perspectivas do BSC enquanto Torbacki e Kijewska (2019) consideraram como critérios as 3 perspectivas da Indústria 4.0, ambos avaliando as relações desses critérios com indicadores. A relação causa e efeito que o método DEMATEL fornece, pode ser utilizada para avaliar as relações entre os indicadores e cada desperdício do *lean logistics* agrupado. Pan e Nguyen (2015) também utilizaram o método AHP posteriormente ao DEMATEL para determinar pesos e priorizar os indicadores de performance. Hsu et. al (2009) e Wu, Tzeng e Chen (2009) utilizaram o método AHP para auxiliar na seleção e priorização de indicadores de performance. A utilização do método AHP para ranquear os critérios baseados nas perspectivas do BSC pode trazer o viés estratégico para a priorização dos indicadores finais para implementação, relacionando assim aos indicadores operacionais do *lean logistics*.

Considerando os pontos levantados sobre a utilização de duas ferramentas com diferentes perspectivas, diversos critérios e abordagens distintas, a definição e priorização de indicadores torna-se uma decisão complexa à medida que há várias possibilidades de alternativas e de diferentes visões dos tomadores de decisão.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral dessa pesquisa é desenvolver um modelo para seleção e definição de um conjunto de indicadores ou KPIs (*key performance indicators*), necessários à mensuração e controle dos sete desperdícios do *lean logistics*, priorizados pela estratégia da organização baseada nas 4 perspectivas do BSC. Com o intuito de estruturar a seleção e priorização de indicadores, considerando a opinião de diferentes níveis de hierarquia dos tomadores de decisão, é proposto um modelo multicritério considerando critérios qualitativos como os desperdícios do próprio *lean logistics* e as perspectivas do BSC para selecionar as alternativas mais aderentes a proposta da pesquisa.

Como objetivos específicos, essa pesquisa propõe:

- Analisar o desdobramento da estratégia da organização através de indicadores chaves de performance, dentro de uma estrutura operacional já definida.
- Sugerir alternativas para o uso de indicadores para o controle dos 7 desperdícios do *Lean Logistics*.
- Fornecer múltiplos conjuntos de indicadores finais considerando a escolha de diferentes tomadores de decisão.

## 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado em 5 partes, apresentadas na sequência:

O capítulo 1 contextualiza a pesquisa, apresenta a definição do problema e expõe os objetivos gerais e específicos. Complementarmente justifica-se a razão pela qual o trabalho foi desenvolvido e apresenta como a dissertação está estruturada.

O capítulo 2 traz a revisão da literatura, apresentando-se os temas centrais: *Lean logistics*; Indicadores logísticos e operacionais; *Balacend Scorecard*, *Lean manufacturing* e tomada de decisão multicritério. Por fim, a seção de conclusão da revisão de literatura resume os assuntos levantados e introduz sobre a revisão básica da literatura apresentada na etapa de metodologia.

O capítulo 3 expõe a metodologia utilizada; as etapas que foram seguidas para sua execução; os procedimentos executados para lidar com o problema proposto; a forma de coleta de dados e os métodos aplicados durante a pesquisa.

O capítulo 4 traz os resultados da revisão da literatura, do agrupamento dos indicadores; dos modelos de decisão e as discussões e análises de sensibilidade dos resultados obtidos.

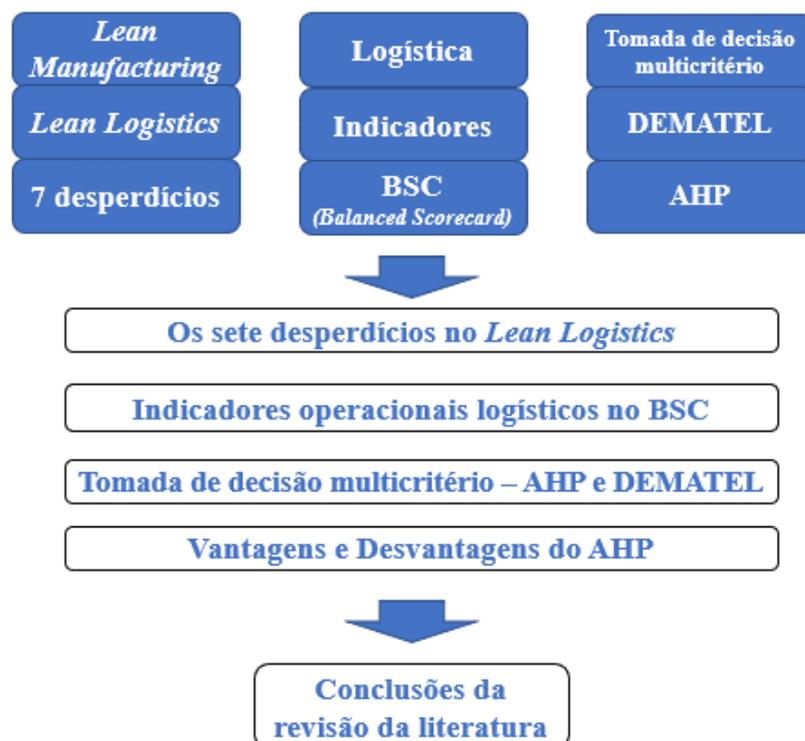
No capítulo 5 apresentam-se as conclusões da pesquisa, os impactos práticos no estudo de caso e as implicações acadêmicas do trabalho. Considera também as limitações do estudo e as perspectivas futuras para novas pesquisas.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é apresentada a revisão teórica dos assuntos centrais da pesquisa, sequenciados em subseções, a saber: os sete desperdícios e indicadores no *lean logistics*; indicadores operacionais logísticos no BSC; tomada de decisão multicritério; método DEMATEL; método AHP; vantagens e desvantagens do AHP e por fim os tópicos sobre a revisão sistemática da literatura, conforme proposta de Tranfield, Denye e Smart (2003), desenvolvida na metodologia.

Essa seção detalha o conhecimento teórico relacionado à pesquisa, necessário para suportar a execução desse estudo, reportado nos trabalhos mais relevantes, além de contextualizar o problema de seleção de indicadores dos pontos de vista acadêmico e prático. Introduz-se ainda as técnicas normalmente empregadas para a seleção e priorização de indicadores e as associa ao *Lean Manufacturing*, mais precisamente aos sete desperdícios e o impacto nos processos produtivos, passando também pelo *Balanced Scorecard* e suas perspectivas. Por fim, a revisão da literatura é concluída, sintetizando os temas abordados. A Figura 1 resume a estrutura da revisão da literatura.

**FIGURA 1 – ESTRUTURA DA REVISÃO DA LITERATURA**



Fonte: Elaboração Própria

O desenvolvimento da revisão sistemática da literatura e a apresentação dos indicadores localizados na pesquisa são apresentados na etapa da metodologia da dissertação, pois estão inseridos dentro do modelo proposto na pesquisa.

## 2.1 OS SETE DESPÉDICIOS E INDICADORES NO *LEAN LOGISTICS*

É possível identificar nos 7 desperdícios do *Lean Manufacturing* uma estrutura orientadora para auxiliar a seleção de indicadores. Considerando que só é possível melhorar os processos quando estes são medidos, dispor de um conjunto de indicadores que cubra os 7 desperdícios pode auxiliar os processos logísticos em direção à melhoria contínua.

Desperdícios nos processos industriais são representados por atividades que consomem recursos, mas não adicionam valor no produto final; complementarmente, correções e reprocessamentos também são classificados como diferentes formas e tipos de desperdícios (LONNIE, 2010). A correlação entre a performance organizacional e a redução de desperdícios é evidente e existem muitos livros e artigos de teóricos e de profissionais de gestão, que suportam essa declaração (IMAI, 1986; WOMACK et al., 1990 e OHNO, 1988).

A Logística *Lean*, ou Logística Enxuta, considera a aplicação dos princípios do STP (Sistema Toyota de Produção) às cadeias de abastecimento, objetivando a melhoria dos sistemas logísticos que as compõem. Considera-se que a Logística *Lean* é uma extensão do *Lean Manufacturing*, já que visa eliminar os desperdícios em suas atividades. Já o termo *Lean Manufacturing*, de acordo com Kraficik (1988), deriva-se das palavras *Lean Production*.

Todo o desenvolvimento e a implementação do STP vem de um longo processo de identificação de desperdícios e perdas (*muda*), no qual buscava-se a aplicação de princípios como autonomia e *just in time* envolvendo pessoas, liderados pela própria família Toyoda e Taichi Ohno, conforme descreve Liker (2005).

Ballou (2005) considera que a aplicação da metodologia *Lean* em um sistema logístico objetiva a simplificação dos processos, identificando o seu fluxo de valor e avaliando o que agrega e o que não agrega valor, com o foco na minimização dos custos e utilizando-se da redução ou da eliminação dos desperdícios para potencializar o valor agregado do produto ou serviço para o cliente.

Dentro da ideia de desperdícios, é possível classificá-los essencialmente em dois tipos: (1) o puro desperdício, resultado das atividades desnecessárias e (2) o desperdício necessário, que considera atividades que mesmo não agregando valor ao cliente e produto final, são necessárias dentro dos processos (Womack e Jones, 1998).

Ohno (1988) cita que é possível sintetizar o desperdício como sendo todas as atividades e materiais que não acrescentam valor ao produto final. Ohno (1988) e Shingo (1996), enumeraram os 7 desperdícios conforme a filosofia *Lean*:

- i. *Superprodução*: Refere-se a produzir além do que é necessário, ou seja, o que não é essencial, quando não é fundamental e em quantidades desnecessárias. Cada etapa deve produzir exatamente o que requer o processo seguinte, de forma que a cadeia de valor atenda à demanda real.
- ii. *Esperas*: Corresponde ao tempo em que as pessoas ou equipamentos estão parados e em espera. Dentro de um sistema *Lean* ideal, todos os processos devem ocorrer em um fluxo contínuo, sem interrupções. Essa espera pode ocorrer em consequência de situações como fluxos desorganizados, *layout*, problemas de qualidade, dentre outros.
- iii. *Processamento Inadequado*: Refere-se a um conjunto de etapas do processo que podem ser consideradas inúteis e que, se forem eliminadas, não impactariam no processo.
- iv. *Estoque*: Corresponde ao excesso de material armazenado, seja matéria-prima, em processo ou material acabado. O excesso de material impacta nos espaços disponíveis de armazenamento, nos custos financeiros relacionados ao capital parado, além de esconder problemas, como a identificação de problemas de qualidade, o que gera perdas e maior quantidade de retrabalho.
- v. *Transporte Excessivo*: Está relacionado ao movimento de materiais dentro de um fluxo produtivo ou organização, quando este poderia ser evitado. Fluxos mal desenhados e estoques intermediários distantes dos recursos produtivos tornam os sistemas de abastecimento ineficientes.
- vi. *Movimentação Excessiva*: Similar ao transporte excessivo, a movimentação considera o deslocamento das pessoas, dos materiais e insumos que não são necessários dentro do processo. É colocado na filosofia *Lean* que todo movimento do trabalhador seja usado para produzir e criar valor. Má definição das estações de trabalho e layouts mal desenhados exigem uma maior movimentação das pessoas, geralmente desnecessárias.
- vii. *Defeitos*: Os defeitos correspondem a produtos, atividades ou serviços que não foram executados da maneira esperada ou no mínimo necessário para atender as especificações do cliente. O *Lean* prega o fazer “certo” na “primeira vez”, evitando retrabalhos e um fluxo com materiais sem problemas e defeitos. Ohno (1988), elencou esse desperdício como um dos principais e mais frequentes nas organizações.

No *lean manufacturing*, a gestão e os benefícios dos indicadores são otimizados quando há o pleno entendimento da situação do chão de fábrica no mínimo período de tempo (MASSAKI, 2004). Assim, seria ideal dispor de um número menor de indicadores, criando a necessidade de uma seleção eficiente. O quadro 1 relaciona os desperdícios a direcionamentos que podem facilitar a implementação e a gestão de indicadores de processos *lean*.

**QUADRO 1 – DESPERDÍCIOS E DIRECIONADORES PARA INDICADORES LEAN**

<b>Desperdício</b>	<b>Direcionamentos para a implementação e a gestão de Indicadores <i>Lean</i></b>	<b>Referências</b>
Superprodução	Definir e manejar um número mínimo de indicadores, selecionando os KPIs e considerando sua utilidade no processo de gestão	Stamm e Neitzert (2008); Piatt (2012); Jung (2012)
Esperas	Implementar padrões de gestão "vá ver" através de <i>Gembas</i>	Stamm e Neitzert (2008); Piatt (2012); Jung (2012)
	Trazer o processamento de informações no <i>Gemba</i>	
	Definir e manejar um número mínimo de indicadores, selecionando os KPIs e considerando sua utilidade no processo de gestão	
Processamento Inadequado	Selecionar indicadores considerando a quantidade de atividade humana necessária	Stamm e Neitzert (2008); Piatt (2012)
	Selecionar indicadores considerando o investimento em necessidades especiais de treinamento	
	Selecionar indicadores considerando investimentos necessários em máquinas e softwares	
Estoque	Definir e manejar um número mínimo de indicadores, selecionando os KPIs e considerando sua utilidade no processo de gestão	Stamm e Neitzert (2008); Piatt (2012); Jung (2012)
Transporte Excessivo	Implementar gestão visual de indicadores próximos às máquinas	Stamm e Neitzert (2008); Piatt (2012)
	Implementar padrões: gestão "vá ver" através de <i>Gembas</i>	
	Trazer o processamento de informações no <i>Gemba</i>	
Movimentação Excessiva	Selecionar indicadores considerando a possibilidade de serem gerenciados diretamente na área de produção	Stamm e Neitzert (2008); Piatt (2012); Jung (2012)
Defeitos	Selecionar indicadores que são familiares no chão de fábrica e que envolvam o público operacional	Liker e Meyer (2006); Groan et al. (2012); Piatt (2012)

Fonte: Elaboração Própria

A busca diária por desperdícios dentro das empresas é uma das bases de um sistema *Lean* robusto e relaciona-se diretamente com a melhoria contínua. O estudo dos sete desperdícios contribui para identificar a relação entre os indicadores e os efeitos dos desperdícios e selecionar indicadores que possam mitigar ou eliminar esses desperdícios.

## 2.2 INDICADORES OPERACIONAIS LOGÍSTICOS NO BSC

Esta pesquisa utilizou um conjunto de indicadores provenientes de uma revisão sistemática com foco no *lean logistics*, porém, a utilização das perspectivas do *Balanced Scorecard* (BSC) como critérios no modelo de decisão proposto tornou necessário identificar na literatura o vínculo do próprio BSC com os indicadores operacionais.

Segundo Marlow et al. (2003) o BSC tem sido utilizado como uma ferramenta eficiente para filtrar indicadores chaves para a produção enxuta, sendo que a estratégia no *lean logistics* pode ser traduzida em indicadores de mensuração operacional com objetivos a serem alcançados. Tong, Xiao e Li (2015) enfatizam que, como uma ferramenta de gestão estratégica, o BSC pode dar ênfase na implementação da estratégia organizacional e então contribuir para o alcance dos objetivos das organizações.

De acordo com Corrêa (2012) entende-se por sistema de medição de desempenho um conjunto de medidas utilizadas para quantificar a eficiência e eficácia das ações adotadas por uma organização, dentro do fluxo que compreende o planejamento, execução, avaliação, controle e ação, que são medidas elementares para uma melhor gestão de qualquer empresa.

Bezerra (2014) menciona que em todas as organizações os KPIs estão presentes nos três níveis de planejamento (operacional, tático e estratégico) e nos dois níveis de clientes (externo e interno), colocando os indicadores como peças essenciais para o controle dos processos produtivos e logísticos. Cachola (2014) afirma que as medidas de desempenho conferem informações acerca da eficácia e eficiência de um sistema logístico e permitem assim identificar oportunidades de melhoria, sendo ferramentas fundamentais de apoio à tomada de decisão.

Dentro da proposta de monitorar e controlar processos através de indicadores, a importância dos processos logísticos presentes nas cadeias de valor justifica os estudos de seleção e priorização de indicadores conforme as características específicas de cada cadeia. Ballou (2001) considera que estrategicamente, a logística é formada por metas de redução de custo (operacional ou investimento) e a busca por melhoria no serviço em quatro áreas chave: serviço ao cliente; localização (rede), estoques e transporte.

Baker (2008), enfatiza que a redução de prazos, mantendo o custo como critério mais importante da logística é um grande fator ganhador de pedidos. Faria Costa (2009) também reforça que as atividades logísticas agregam valor de tempo e lugar aos produtos e serviços entregues aos clientes, interferindo no desempenho das organizações.

Do ponto de vista estratégico, é possível utilizar metodologias estruturadas para a implementação de ações e avaliação de desempenho organizacional, por exemplo, utilizando o BSC. O BSC é um método voltado à gestão estratégica das empresas, e através de suas perspectivas, pode direcionar ações que trazem vantagens competitivas às organizações.

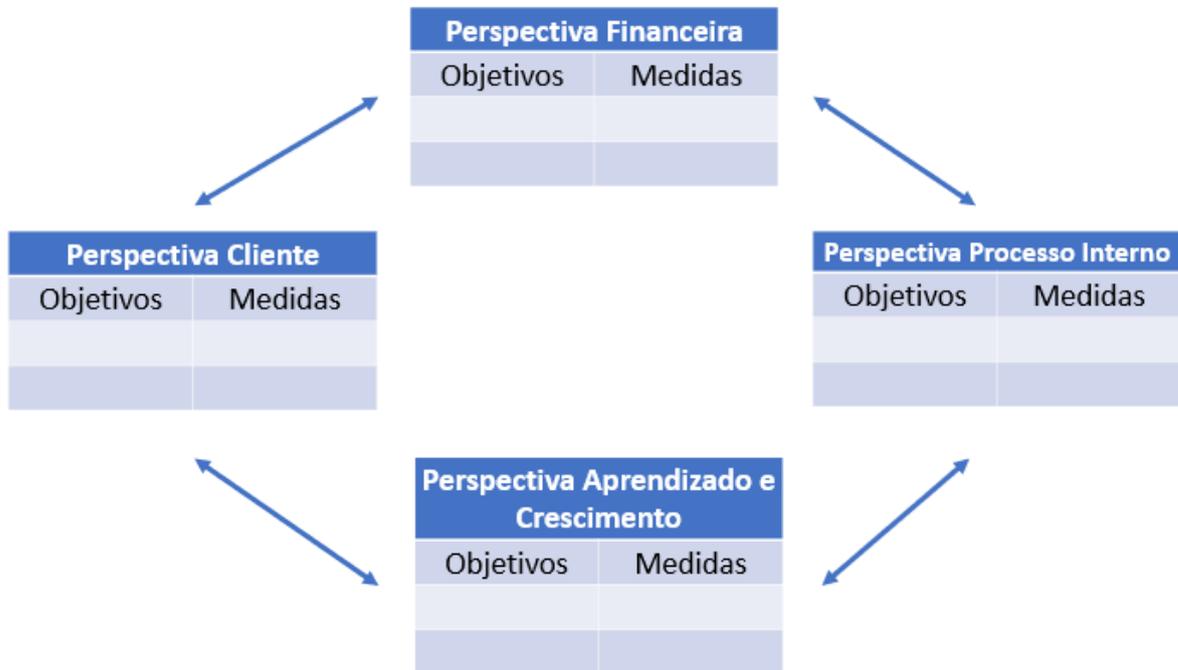
Kaplan e Norton (1992) definem o BSC como um conjunto de medidas que fornece aos gerentes de alto escalão uma visão rápida e abrangente do negócio, incluindo medidas financeiras que reportam os resultados das ações já tomadas e as complementa com medidas operacionais sobre a satisfação do cliente, seus processos internos e suas iniciativas de inovação e melhoria. Segundo os autores citados, ao definir medidas de desempenho equilibradas o BSC pode proporcionar os seguintes benefícios:

- Fornece informações sobre o desempenho da empresa sob diferentes perspectivas, auxiliando o direcionamento dos esforços de mudanças.
- Verifica se existem relações dos resultados alcançados nas diferentes unidades de negócio, evitando assim a subotimização.
- Define uma pequena quantidade de medidas de desempenho, resultando em maior foco.
- Facilita a comunicação das prioridades entre os gestores, investidores, funcionários e clientes.

Ao avaliar os benefícios elencados por Kaplan e Norton (1992), é possível considerar o BSC como suporte para a definição de critérios para auxiliar na seleção ou priorização de indicadores, considerando suas relações com cada perspectiva e as prioridades dos tomadores de decisão das organizações.

Os equilíbrios e benefícios propostos por Kaplan e Norton (1992) levaram à formação de um conjunto de medidas de desempenho organizadas em quatro perspectivas: financeira, do cliente, de processos internos e de aprendizagem e crescimento. A Figura 2 apresenta as quatro perspectivas e a necessidade de se dispor de objetivos e medidas que permitam sua gestão.

**FIGURA 2 – BALANCED SCORECARD E SUAS PERSPECTIVAS**



Fonte: Kaplan e Norton (1992)

Kaplan e Norton (2000) definem as perspectivas do BSC como:

- (i) Financeira: Indica a estratégia de crescimento, rentabilidade e risco aos acionistas;
- (ii) Cliente (mercado): Apresenta a criação de valor e a diferenciação oferecida ao cliente;
- (iii) Processos internos: Delimita as prioridades estratégicas dos processos de negócio para a satisfação das necessidades dos clientes e *stakeholders*;
- (iv) Aprendizado e crescimento (pessoas): Apresenta como o desenvolvimento do clima organizacional é propício à mudança, inovação e ao crescimento com a estrutura necessária que suporte o alcance dos objetivos das demais perspectivas.

O BSC, que foi criado para ser um modelo de medição, deu origem a um sistema de medição de desempenho e posteriormente a um sistema de comunicação e alinhamento estratégico, até se transformar em um sistema de gestão estratégica, com foco no alinhamento de ações em diversas áreas à estratégia da organização (KAPLAN E NORTON, 1992). Quanto ao uso nas organizações, alguns estudos reportaram vários indicadores para cada perspectiva:

- (i) Financeira: Receita por empregado, margem bruta, crescimento da receita, lucratividade por funcionário, rentabilidade, lucro líquido, capital de giro, margem de lucro total, faturamento, receita gerada por novos clientes e crescimento da receita de vendas (CAMBOIM et al., 2011; AMARAL, PETRIS E MAROSTICA, 2016; SILVA, TODARO E ARCOSI, 2017).
- (ii) Cliente (mercado): % de clientes que se declaram satisfeitos, número de prazos não atendidos, número de reclamações, % de vendas totais na área de atuação, índice de satisfação, média de novos clientes por ano e clientes novos/total de clientes (CAMBOIM et al., 2011; AMARAL, PETRIS E MAROSTICA, 2016; KREWER, 2013)
- (iii) Processos internos: Total de pedidos atrasados/total de pedidos emitidos no mês, tempo médio de entrega, índice de entregas satisfatórias, nível de investimento em TI, perdas, retrabalho e desperdício (CAMBOIM et al., 2011; MARZAL et al. 2017; KREWER, 2013; KAPLAN e NORTON, 1997).
- (iv) Aprendizado e crescimento (pessoas): Nível de satisfação dos funcionários, *turnover*, número de sugestões por funcionários, índice de demissões voluntárias, média de horas de treinamento por colaboradores e índice de clima organizacional (CAMBOIM et al., 2011; KREWER, 2013; KAPLAN e NORTON, 1997).

Relacionar os indicadores dos processos logísticos às perspectivas do BSC pode fornecer uma estrutura para a definição de sistemas de medição, ponderados pela estratégia da organização, refletindo as visões de longo prazo desdobradas nos indicadores de desempenho de nível tático e operacional.

### 2.3 TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

Esta seção apresenta os métodos multicritérios para a tomada de decisão aplicados à seleção e priorização de indicadores operacionais.

Gomes e Almeida (2002) descrevem que uma decisão precisa ser tomada sempre diante de um problema ou de uma oportunidade com mais de um curso de ação possível. Belton e Stewart (2002) consideram que o que gera a necessidade de uma tomada de decisão não necessariamente é atrelado a um problema, mas também pode estar relacionado a qualquer situação que necessite uma decisão. O quadro 2 compila estudos especificamente associados à seleção de indicadores envolvendo diferentes métodos para a tomada de decisão.

**QUADRO 2 – ESTUDOS QUE ASSOCIAM SELEÇÃO DE INDICADORES E MÉTODOS PARA TOMADA DE DECISÃO**

ESTUDOS	MÉTODOS					
	Dematel	AHP	Vikor	Smarter	ANP	DEA
Kucukaltan et. al (2016)					X	
Chorfi e Berrado (2015)		X				
Pan e Nguyen (2015)	X	X				
Yüksel e Dagdeviren (2010)					X	
Bentes et. al. (2012)		X		X		
Wu, Tzeng e Chen (2009)		X	X			
Hsu et. al. (2011)		X				
Vukomanovic e Radujkovic (2013)		X		X		
Bai e Sarkis (2014)						X
Carlucci (2010)					X	
Torbacki e Kijewska (2018)	X					

Fonte: Elaboração Própria

Observa-se que há diversos métodos envolvidos na seleção de indicadores para a tomada de decisão, incluindo estudos que utilizam mais de um método. A tomada de decisão multicritério, em suma, consiste em uma sequência de atividades que utiliza modelos matemáticos e a compilação de informações para obter respostas a partir de um conjunto de alternativas, critérios e atributos (GOMES et. al., 2011).

Nessa pesquisa optou-se pelo uso de: (i) método DEMATEL considerando que essa alternativa permite construir um modelo estrutural envolvendo relações causais (DENG et. al., 2018) sendo aplicado especificamente para avaliar a relação de influência e importância dos indicadores dentro de cada desperdício; e (ii) método AHP, para atribuir pesos e ranquear os indicadores de performance baseados nas relações com as perspectivas do BSC, conforme também proposto por Huang, Lai e Lin (2011). Ambos os métodos são apresentados na sequência.

### 2.3.1 Método DEMATEL

Para Gabus e Fontela (1972) o método DEMATEL permite coletar o conhecimento de um grupo e analisar as inter-relações entre os fatores, visualizando uma estrutura de relacionamento de causa e efeito. Shimizu (2010) considera que o método é destinado à elaboração e avaliação de uma estrutura hierárquica com base em opiniões de tomadores de decisão para se obter: (a) o nível de relacionamento que um elemento *i* exerce sobre outro elemento *j*; e (b) o nível de relacionamento que um elemento *j* recebe de outro elemento *i*.

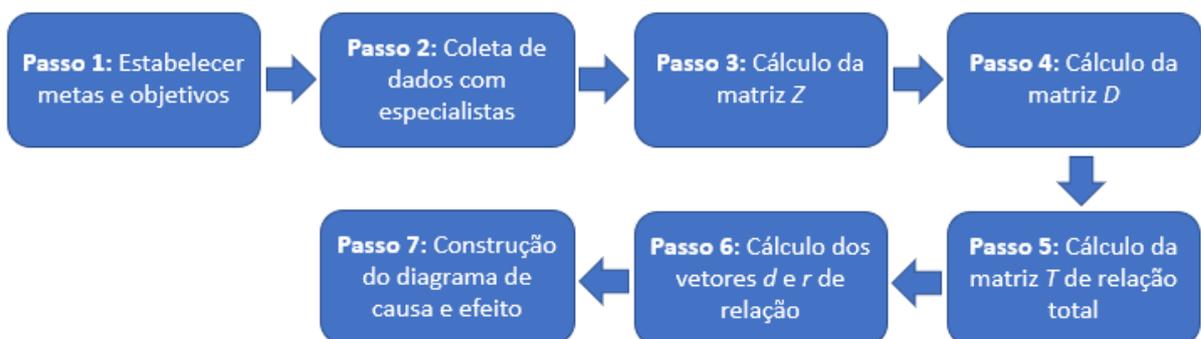
Seyedhosseini et al. (2011) consideram que o DEMATEL é uma ferramenta adequada quando se pretende identificar as possíveis relações entre componentes de um sistema e quando é desejável determinar as relações de causa e efeito e dependência entre os componentes. Chang, Chang e Wu (2011) apresentam o DEMATEL como uma ferramenta que pode transformar os inúmeros relacionamentos em modelos estruturais e inteligíveis.

Na presente pesquisa, a necessidade de verificar a influência entre os indicadores, considerando os desperdícios agrupados, apontou para a utilização do método DEMATEL. A utilização dos entrevistados para a construção das análises ponderou as opiniões de cada tomador de decisão, apresentando os objetivos do método e como ele está inserido dentro do modelo geral de seleção de indicadores proposto na dissertação.

Os tomadores de decisão entrevistados para a construção da análise DEMATEL, basearam suas opiniões na classificação de relacionamento entre os fatores do estudo de caso. A avaliação do grau de influência gera uma hierarquia entre esses fatores e a direção e intensidade dos seus relacionamentos. No fim, o método DEMATEL oferece uma representação visual da maneira como o entrevistado enxerga o problema em si (TZENG, CHIANG e LI, 2007).

A literatura traz também a aplicação do método DEMATEL junto a outros métodos de decisão. Wu e Tsai (2011) utilizaram o DEMATEL junto ao AHP para avaliar os critérios de uma indústria de autopeças. Pan e Nguyen (2015) utilizaram novamente o DEMATEL e o AHP juntos, porém, para determinar as relações entre os critérios do BSC e a priorização de indicadores de performance. A figura 3 apresenta o passo a passo para a aplicação do método DEMATEL para apoio à tomada de decisão.

**FIGURA 3 – ETAPAS DO DEMATEL**



Fonte: Adaptado de Sumrit e Anuntavoranich (2012)

Os 7 passos apresentados na figura 3 norteiam a execução do método DEMATEL e são detalhados na sequência:

- *Passo 1:* Elaborar o modelo de decisão e validar as metas, critérios e fatores que serão analisados pelos tomadores de decisão.
- *Passo 2:* Na etapa anterior são selecionados  $n$  fatores e/ou critérios para se resolver o problema analisado. Os tomadores de decisão devem responder sobre o grau de influência direta que o fator  $i$  afeta no fator  $j$ , sempre de maneira par a par. Esta etapa gera uma matriz com esses graus de influências, utilizando uma relação de influência baseado em uma escala literal e numérica correspondente, conforme apresentado no quadro 3.

### QUADRO 3 – GRAU DE INFLUÊNCIA

Grau de Influência	Valor Numérico
Influência Muito Alta	4
Influência Alta	3
Influência Média	2
Influência Baixa	1
Influência Nula	0

Fonte: Adaptado de Kashi e Franek

- *Passo 3:* Nesta etapa a opinião dos tomadores de decisão sobre o grau de influência entre os fatores é medida a partir de uma escala linguística, convertendo-a em uma escala numérica conforme apresentado no quadro 3. A partir da matriz gerada por cada tomador de decisão, é projetada a matriz  $Z$ , onde cada elemento  $z_{ij}$  é obtido através da média das respostas dadas por  $p$  tomadores de decisão entrevistados (1).

$$Z_{ij} = \frac{Z^1_{ij} + Z^2_{ij} + Z^3_{ij} + \dots + Z^p_{ij}}{p} \quad (1)$$

- *Passo 3 (continuação):* A matriz de relação direta inicial  $Z$  (2), indica os efeitos iniciais diretos que cada critério exerce par a par, criando um mapa de influência para o entendimento dos critérios e suas relações considerando as escolhas dos tomadores de decisão.

$$Z = \begin{bmatrix} 0 & z_{12} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & 0 & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

- *Passo 4:* Nesta etapa é calculada a matriz de influência direta  $D$ . Esta matriz é obtida a partir da normalização da matriz média  $Z$  com os valores dos elementos entre 0 a 1. A seguir são apresentadas as fórmulas (3), (4) e (5) para a obtenção da matriz  $D$  (6).

$$S = \frac{1}{\max(\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n z_{ij})} \quad (3)$$

$$D = [d_{ij}] = [s \times z_{ij}], \text{ para } (s > 0 \text{ e } i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (4)$$

$$\lim_{m \rightarrow \infty} d^m = [0]_{n \times n}, \text{ onde } D = [d_{ij}] \quad (5)$$

$$D = \begin{bmatrix} d_{12} & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{12} & \cdots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \cdots & d_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

- *Passo 5:* Após a etapa anterior, utilizando a fórmula (7) é obtida a matriz de relação total  $T$ . A matriz identidade é indicada pela letra  $I$ , da mesma ordem que a matriz  $D$  apresentada anteriormente.

$$T = D \times (I - D)^{-1} \quad (7)$$

$$T = [t_{ij}], i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

- *Passo 6:* Esse passo visa obter os valores normalizados do relacionamento total. A equação 9 calcula o vetor  $d$ , representando o valor do relacionamento total que o fator  $i$  influencia outros fatores, sendo a soma dos elementos da linha  $i$  em  $T$ . Já a equação 10 calcula o vetor  $r$ , representando o valor do relacionamento total que o fator  $j$  é influenciado por outros fatores, sendo a soma da coluna  $j$ , transposta  $[r_j]'$ , ficando no mesmo formato que o vetor  $d$ .

$$d = (d_i)_{n \times 1} = \left[ \sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{n \times 1} = (d_1, d_2, \dots, d_n) \quad (9)$$

$$r = (r_i)_{n \times 1} = (r_i)_{n \times 1}' = \left[ \sum_{j=1}^n t_{ij} \right]'_{n \times 1} = (r_1, r_2, \dots, r_n)' \quad (10)$$

- *Passo 6 (continuação):* Após calculadas as equações (9) e (10), é realizada a soma e subtração desses dois vetores. A somatória dos dois vetores  $[j=i, (d_i + r_i)]$  resulta em uma medida da força de influência recebida e dada, mostrando o grau de importância que o fator  $i$  representa no problema definido para o modelo, sendo chamado assim de “Relação de Importância”. Na subtração dos dois vetores, considera-se que se  $(d_i - r_i)$  for positivo, o fator  $i$  influenciará outros fatores, porém se  $(d_i - r_i)$  for negativo, o fator  $i$  será influenciado por outros fatores, sendo chamado assim de “Relação de Influência”.
- *Passo 7:* O último passo da execução do modelo DEMATEL considera a construção de um diagrama de relação causa e efeito. O diagrama é construído utilizando como o eixo horizontal ( $x$ ) os valores de  $(d_i + r_i)$ , ou seja, a “Relação de Importância” e o eixo vertical ( $y$ ) com os valores  $(d_i - r_i)$ , ou seja, a “Relação de Influência”, permitindo assim verificar as relações causais complexas de fatores e apresentar de uma maneira mais simples a visualização dessas influências, já que contempla um modelo estrutural baseado nos resultados das relações entre os fatores.

A variedade de aplicações do DEMATEL o configura como uma ferramenta relevante no apoio à tomada de decisão, tendo sua principal característica fornecer a relação causa e efeito dos critérios selecionados para serem analisados. O detalhamento da aplicação do DEMATEL ao caso abordado nesta pesquisa é descrito na seção de metodologia.

### **2.3.2 Método AHP**

O método AHP foi proposto e desenvolvido por Thomas L. Saaty no início da década de 70, sendo utilizado para problemas de análise de decisão multicritério envolvendo incerteza, tornando-se um dos métodos multicritérios mais utilizados em tomadas de decisão e em problemas de escolha e priorização. A tomada de decisão envolve critérios e subcritérios utilizados para classificar ou priorizar alternativas de uma decisão (SAATY, 2008).

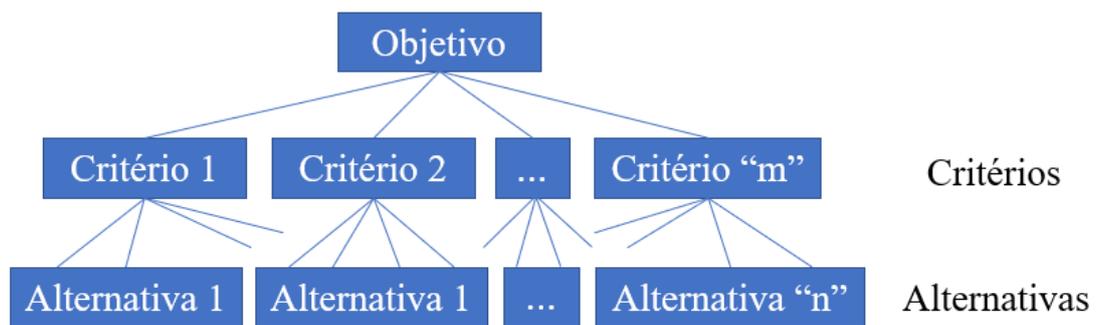
O desenvolvimento do método se dá inicialmente definindo as alternativas e os tomadores de decisão e posteriormente é executado o processo com 5 etapas:

- 1) Definição da hierarquia de decisão, de maneira similar a uma árvore de decisão considerando as alternativas no nível mais baixo da hierarquia.
- 2) Fazer as comparações par a par dos critérios e das alternativas, sendo que para cada critério é necessário avaliar as alternativas disponíveis. Como resultado são determinadas as importâncias relativas dos critérios, comparando o desempenho das alternativas perante os diferentes critérios.
- 3) Transformar as comparações realizadas em pesos, avaliando posteriormente a consistência das comparações dos tomadores de decisão.
- 4) Utilizar os pesos para avaliar os desempenhos das diferentes alternativas, tomando uma primeira decisão provisória.
- 5) Executar uma análise de sensibilidade para avaliação do quão assertiva e robusta essa decisão provisória se comporta com mudanças de importância entre os critérios e alternativas.

Subramanian e Ramanathan (2012) comentam que dentre os temas com maior aplicação do AHP, têm-se a logística e a cadeia de suprimentos, aplicadas e orientadas a estudos de casos com análise de fatores qualitativos. Este fato corrobora para a escolha desse método para a presente pesquisa, relacionando logística e a tomada de decisão sobre indicadores de desempenho. Costa (2002) apresenta o AHP como um método estruturado em três etapas de pensamento analítico:

- (i) **Construção de hierarquias:** O método AHP estrutura os problemas em níveis hierárquicos, facilitando uma melhor compreensão e avaliação do problema. A Figura 4 apresenta a estrutura básica do método.

**FIGURA 4 – ESTRUTURA HIERÁRQUICA BÁSICA**



Fonte: Saaty (2012)

A Figura 4 baseia-se na construção de hierarquias, onde o primeiro nível corresponde ao propósito geral do problema, o segundo refere-se aos critérios e possíveis subcritérios e o terceiro às alternativas possíveis. Borna e Wernke (2001) descrevem que a ordenação hierárquica possibilita ao decisor ter uma visão do sistema como um todo e seus componentes, bem como interações destes componentes e os impactos que os mesmos exercem sobre o sistema.

- (ii) **Definição de prioridades:** Está associada à habilidade do ser humano perceber a relação entre as situações e os objetos observados e compará-los em pares, baseando-se em critérios ou julgamentos paritários. Costa (2002) indica que nesta etapa é fundamental seguir as seguintes fases:
- *julgamentos paritários:* julgar par a par os elementos de um nível da hierarquia à luz de cada elemento em conexão em um nível superior, compondo as matrizes de julgamento, com o uso das escalas apresentadas no quadro 4 (TREVIZANO e FREITAS, 2005).

### QUADRO 4 – ESCALA NÚMERICA DE SAATY

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Ambos elementos são de igual importância.	Ambos elementos contribuem com a propriedade de igual forma.
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro.	A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre o outro.
5	Forte importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é fortemente favorecido.
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro.
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é favorecido pelo menos com uma ordem de magnitude de diferença.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes.	Usados como valores de consenso entre as opiniões.
Incremento 0.1	Valores intermediários na graduação mais fina de 0.1.	Usados para graduações mais finas das opiniões.

Fonte: Roche (2004)

O quadro 4 associa as escalas numéricas às escalas verbais, quantificando os valores baseados em escalas e como elas podem ser explicadas do ponto de vista de julgamento. A quantidade de julgamentos necessários para que seja possível desenvolver uma matriz de julgamentos genéricas  $A$  é dada por:  $n(n-1)/2$ , onde  $n$  é o número de elementos pertencentes a esta matriz. Os elementos de  $A$  são definidos pela equação a seguir:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \text{ onde:}$$

$$a_{ij} > 0 \Leftrightarrow \text{positiva}$$

$$a_{ij} = 1 \dots a_{ji} = 1$$

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \Leftrightarrow \text{recíproca}$$

$$a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk} \Leftrightarrow \text{consistência}$$

- *normalização das matrizes de julgamento*: Visa a obtenção de quadros normalizados através da soma dos elementos de cada coluna das matrizes de julgamento e posterior divisão de cada elemento das matrizes pelo somatório da respectiva coluna.
- *cálculo das prioridades médias locais (PML's)*: As PML's são as médias das linhas dos quadros normalizados.
- *cálculo das prioridades globais*: É necessário nesse passo, identificar um vetor de prioridades global (PG), que armazene a prioridade associada a cada alternativa em relação ao foco principal.

- (iii) **Consistência Lógica:** O ser humano tem a habilidade de estabelecer relações entre objetos ou ideias de forma que elas sejam coerentes, tal que estas se relacionem bem entre si e suas relações apresentem consistência (SAATY, 2000). Devido a essa capacidade de relacionar objetos, o método AHP tem a proposta de calcular a Razão de Consistência dos julgamentos, apresentados a seguir.

$$RC = IC/IR$$

Onde:

RC - Razão de Consistência

IR – Índice de Consistência Randômico

IC - Índice de Consistência

Onde,  $IR$  é obtido por uma matriz recíproca de ordem  $n$ , com elementos não negativos e gerada randomicamente. O  $IC$  é dado por  $IC = (\lambda_{máx} - n)/(n - 1)$ , onde  $\lambda_{máx}$  é o maior autovalor da matriz de julgamentos.

De acordo com Saaty (1990), para se realizar um julgamento do desempenho de diferentes opções de uma forma eficiente, é necessário que o método utilize comparações pareadas, ou seja, duas opções por vez em cada comparação de forma hierarquizada.

É possível validar a utilização da metodologia AHP neste trabalho, considerando os pontos fortes que esse método traz, como o fornecimento de um sistema formal de problemas e que resulta em uma estrutura racional, lógica e hierarquizada para a escolha de uma solução. O apoio ao processo decisório em relação à definição e priorização de indicadores dessa dissertação também faz com que a escolha desse método seja oportuno.

### 2.3.3 Vantagens e desvantagens do AHP

Dentre os diversos tipos existentes de métodos de tomada de decisão, é possível localizar dentro da literatura os que melhor se adaptam a determinadas aplicações. Enumerar vantagens e desvantagens pode ser um meio interessante para essa avaliação da aplicabilidade no problema central da pesquisa.

Apesar da grande quantidade de aplicações serem desenvolvidas a partir da utilização do método AHP, existem variadas críticas ao seu uso. Tais críticas tratam sobre pontos específicos do método. Um ponto muito elencado ao método, é sua imperfeição acerca de ser um procedimento de ranking de alternativas, pois ele pode não refletir as verdadeiras

preferências dos tomadores de decisão (Dyer, 1990). Porém Harker e Vargas (1997) contestam essa afirmação, alegando que a possível ambiguidade das respostas dos tomadores de decisão é inerente a todos os métodos na etapa de estruturação do modelo.

Dyer e Ravinder (1983) levantam outra crítica argumentando que a partir da inclusão de uma nova alternativa em um modelo já definido, o ranking de alternativas previamente determinado pode ser alterado. Conhecido como “*rank reversal*”, é talvez o principal ponto discutido e controverso do método AHP.

A aplicação de AHP nesse estudo, irá considerar uma lista de alternativas já definidas e não está considerada a inclusão de novas, fazendo que, pelo ponto de vista do “*rank reversal*” o AHP não seja invalidado para aplicação nesse estudo específico. Goodwin e Wright (2000) listam limitações e críticas em relação ao método AHP, resumidas no quadro 5.

#### QUADRO 5 – LIMITAÇÕES E CRÍTICAS PARA O USO DO MÉTODO AHP

Críticas	Descrição
Conversão da escala verbal para numérica	Em razão do método verbal de comparação, O AHP converte os julgamentos de forma automática para a escala numérica. Porém, a correspondência entre escalas é baseada em pressupostos não testados
Inconsistências impostas pela escala de 1 a 9	As comparações feitas par a par em uma escala restrita de 1 a 9 podem resultar em inconsistências nos julgamentos
Significado das respostas às questões	É possível que os decisores tenham dificuldade de escolher uma opção verbal que realmente represente a sua preferência, principalmente baseados em valores físicos ou monetários (Lootsma, 1990)
Novas alternativas podem reverter o ranking das alternativas existentes	Esta crítica foi elencada por diversos autores, Dyer e Ravinder (1983), Belton e Gear (1982) e Lootsma (1990). Porém, Saaty e Vargas (1984) responderam a esta crítica alegando a legitimidade da reversão de ranking. Já em 1990, o próprio Dyer propôs uma solução para o problema em uma publicação.
O número de comparações requeridas pode ser grande	O que em determinadas ocasiões pode configurar uma vantagem, as redundâncias que o método AHP possui podem também fazer com que o decisor precise realizar uma enorme quantidade de julgamentos.
Os axiomas do Método	Dyer (1990), argumenta que a clareza e o significado intuitivo desses axiomas permitem que haja regras para o comportamento racional a ser debatido, sendo empiricamente testado. Já Harker e Vargas, argumentam que os axiomas do AHP não são baseados em comportamentos racionais testáveis.

Fonte: Adaptado de Goodwin e Wright (2000)

Bana et al (2001) criticam o AHP em relação às escalas derivadas do método a partir da matriz positiva recíproca, quando os questionamentos são realizados aos tomadores de decisão. Este problema implica necessariamente na quantificação das prioridades e não na ordem em que as alternativas são priorizadas.

Apesar das críticas, o uso do método AHP é bastante frequente. Especificamente na seleção e priorização de indicadores com base nas perspectivas do BSC, encontram-se estudos como Wu, Tzeng e Chen (2009), Vukomanovic e Radujkovic (2013) e Pan e Nguyen (2015). Goodwin e Wright (2005) também elencam pontos positivos do método AHP (Quadro 6).

#### QUADRO 6 – VANTAGENS RELATIVAS DO MÉTODO AHP

<b>Forças relativas</b>	<b>Descrição</b>
Estruturação formal do problema	A formulação estrutural permite que problemas complexos possam ser decompostos dentro de simples conjuntos de julgamentos, fornecendo uma documentação racional para a escolha de uma alternativa em particular
Simplicidade da comparação par a par	O uso da comparação par a par significa que um tomador de decisão pode focar, por vez, em cada pequena parte do problema. Somente dois critérios ou alternativas são consideradas por vez, de forma que a tarefa de julgamento do tomador de decisão pode ser simplificada. Comparações verbais também são prováveis de serem preferidas por tomadores de decisão que tenham dificuldades em expressar seus julgamentos numericamente
Redundância permite que a consistência seja verificada	O método AHP requer que mais comparações sejam feitas pelo tomador de decisão do que são necessários para estabelecer o conjunto de pesos. Por exemplo, se um tomador de decisão indicar que o critério A é duas vezes mais importante que B, e que B, por sua vez é 4 vezes mais importante que C, então pode se inferir que A é oito vezes mais importante que C. Porém é solicitado ao tomador de decisão que compare A com C para que se torne possível a verificação da consistência dos seus julgamentos. Isto pode ser considerado uma boa prática na análise de decisão e no AHP é executado automaticamente
Versatilidade	A ampla quantidade de aplicações do AHP é evidenciada na sua versatilidade. Somando aos julgamentos acerca da importância e preferência, o AHP também permite julgamento sobre as probabilidades relativas de um evento a ser feito. Isto permite a aplicação em problemas envolvendo incertezas e também na utilização em previsões. Os modelos AHP também são utilizados para a construção de cenários considerando prováveis comportamentos e importâncias relativas de atores chaves e suas interações com políticas, tecnologia, meio-ambiente, economia e fatores sociais

Fonte: Adaptado de Goodwin e Wright (2005)

Dadas todas essas características, vantagens e desvantagens do método AHP, é importante que todas as pessoas envolvidas no desenvolvimento do modelo conheçam as críticas em relação a utilização do método. A apresentação dessas críticas auxiliam a aplicação do método aos tomadores de decisão, evitando assim as desvantagens apresentadas para não invalidar a aplicação do AHP nos problemas tratados.

## 2.4 CONCLUSÕES DA REVISÃO DA LITERATURA

A necessidade de identificar os indicadores mais utilizados para monitorar operações logísticas enxutas, trouxe a oportunidade de visitar os conceitos de logística, BSC, KPIs e *lean manufacturing*. A revisão da literatura permitiu retomar tanto os fundamentos desses temas quanto o estado da arte e as aplicações mais recentes nas organizações.

Os procedimentos para a definição de um conjunto de indicadores que seja econômico, mas ao mesmo tempo suficiente para gerir e cobrir os desperdícios foi a problemática que embasou essa revisão. A partir dos indicadores selecionados é possível utilizá-los no modelo a fim de reduzi-los a uma quantidade eficiente, tendo em vista que um número grande de indicadores é dispendioso e acarreta custos aos processos que estão inseridos.

Sobre a área da logística, foi possível notar como ela é parte estratégica das operações nas organizações, e com isso metodologias de melhoria contínua como o *Lean Manufacturing* ganham espaço cada vez mais na sua utilização. Dessa mesma maneira, o *Balanced Scorecard* e sua maneira de planejar as estratégias das empresas com foco no longo prazo e em suas quatro perspectivas ganha mais adeptos nas organizações, o que se evidencia nas pesquisas dos artigos mais recentes, que sobretudo apresentam a sua aplicação.

A revisão da literatura também permitiu identificar os métodos de tomada de decisão mais frequentemente utilizados, sendo priorizados na revisão os métodos DEMATEL e o AHP já que foram os métodos utilizados para a construção do modelo de decisão proposto nessa dissertação.

Adicionalmente a revisão da literatura apresentada, baseados no método de revisão sistemática da literatura desenvolvidos por Tranfield, Denye e Smart (2003), foi possível, através da pesquisa em artigos da área de *lean logistics*, *lean manufacturing* e indicadores de performance, trazer um conjunto de indicadores iniciais para a aplicação do modelo proposto nessa dissertação. Por fazer parte do modelo para seleção e priorização de indicadores, esta etapa está inclusa no capítulo 3 (Metodologia) dessa pesquisa.

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a caracterização metodológica da pesquisa, como foi desenvolvido o modelo proposto, e como foram obtidos os dados para a aplicação do modelo, visando alcançar os objetivos da pesquisa.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO METODOLÓGICA

Para desenvolver um modelo de decisão para a seleção de indicadores logísticos, essa pesquisa utiliza um estudo de caso como método de investigação. Voss et al. (2002) consideram que o estudo de caso é um poderoso método de pesquisa em gestão de operações, que pode levar ao desenvolvimento de novas teorias. Segundo Yin (2010), é possível, através do estudo de caso, obter características holísticas e significativas dos eventos reais, podendo também ser generalizáveis quanto as suas proposições teóricas.

Considera-se que a pesquisa está fundada em uma abordagem mista, qualitativa e quantitativa. Levando-se em conta que as percepções dos entrevistados e do pesquisador são utilizadas para interpretar como cada indicador se relaciona aos sete desperdícios do *lean logistics* e às perspectivas do BSC, é possível caracterizar a abordagem qualitativa. De acordo com Yin (2010), a definição de qualitativa nesse caso se dá baseado nas entrevistas dos tomadores de decisão e como esses reagiram às escolhas nas escalas dos métodos de decisão utilizados. No entanto, considera-se que ao propor um método estruturado como o DEMATEL e o AHP, no qual há necessidade direta em valorar requisitos e variáveis, a abordagem quantitativa também se torna evidente.

Ao propor o desenvolvimento de um modelo de decisão genérico para a seleção de indicadores, ponderado nos sete desperdícios do *lean* e nas perspectivas do BSC e explorando os métodos multicritérios DEMATEL e AHP, pode-se classificar essa pesquisa como exploratória. Yin (2010) afirma que a pesquisa exploratória pode ser útil quando é desejável explorar situações em que há possibilidades de explorar resultados não claramente definidos.

Para o desenvolvimento das etapas do modelo, são aplicadas entrevistas com os tomadores de decisão. A escolha por entrevistas ocorre em virtude de vantagens referentes ao retorno efetivo, uma maior amplitude dos dados coletados, assim como um menor esforço dos participantes entrevistados (SELLTIZ, WRIGHTMAN E COOK, 1987).

Considerando as discussões, reuniões e entrevistas com os tomadores de decisão além da utilização de métodos multicritérios de tomada de decisão, caracteriza-se o método dessa

pesquisa como um estudo de caso, com abordagens qualitativas e quantitativas e com objetivos exploratórios.

### 3.2 ESCOLHA DA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO

Diante dos desafios encontrados pelas indústrias, que buscam processos enxutos e que minimizem desperdícios, há muitos critérios a serem controlados. A quantidade de indicadores monitorados deve ser escolhida de modo que contribuam para esse controle, sendo que alguns métodos podem orientar essa definição.

Ozernoy (1992) orienta que é necessário identificar qual o método de apoio à decisão é mais adequado ao problema, uma vez que os métodos podem representar diferentes soluções para um mesmo problema e a escolha de um método não adequado pode vir a resultar em uma alternativa não justificável. Figueira et al. (2005) reforçam que não há metodologias que possam ser consideradas de forma unânime, ou seja, melhores em relação às outras, já que em cada situação um diferente método de apoio à decisão pode ser melhor aplicado.

A importância de um bom conjunto de indicadores para monitorar processos logísticos, e operações em cadeias de suprimentos justifica a busca por métodos quantitativos de apoio à decisão. Gerentes de logística precisam priorizar indicadores e construir uma relação hierárquica para identificar as influências entre estes (OURESHI e KUMAR, 2008). Em tais casos, a abordagem multicritério oferece soluções práticas, mas desenvolver uma estrutura de avaliação de performances de acordo com a complexidade do MCDM também pode ser difícil em termos de preencher as necessidades em campo (SHAIK e ABDUL-KADER, 2014). Diversas abordagens multicritério são usadas para priorização de critérios dentro de operações logísticas, sendo que nesse estudo considera-se o uso de DEMATEL juntamente com o AHP.

Opta-se pelo DEMATEL por utilizar uma escala qualitativa na comparação dos critérios de seleção de indicadores, utilizar o julgamento dos tomadores de decisão avaliando a relação e o grau de influência dos indicadores entre si, e gerar uma hierarquia entre os critérios bem como a direção e intensidade dos relacionamentos. Considera-se como *clusters* os 7 desperdícios do *lean* e os indicadores como os critérios a serem escolhidos.

Já o AHP visa hierarquizar e ranquear os indicadores da lista proposta pelo DEMATEL. Os indicadores são utilizados como alternativas, baseando as suas relações de importância com as perspectivas do *Balanced Scorecard*, que são os critérios do modelo. A estruturação formal do problema, a simplicidade das comparações par a par e a possibilidade de checar a

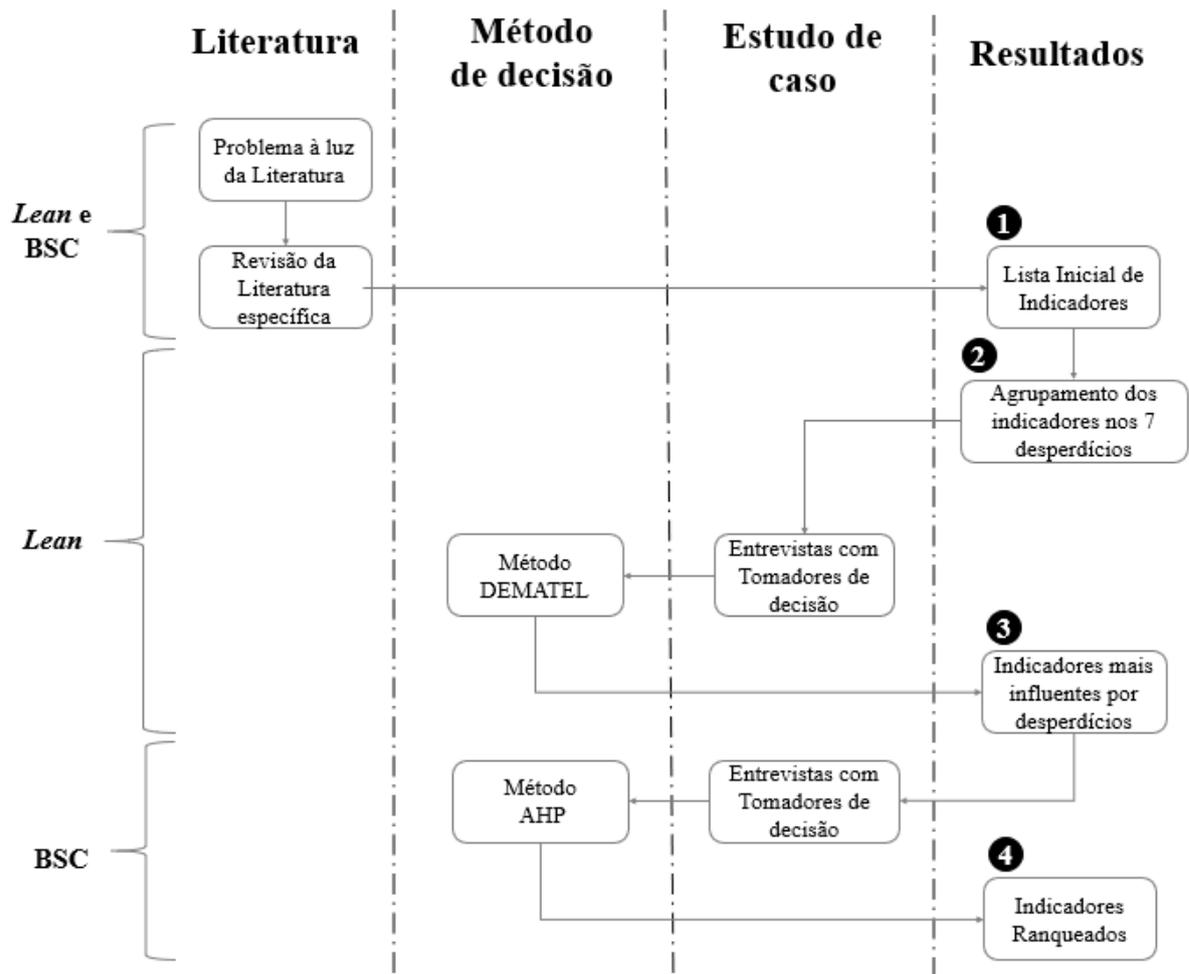
consistência dos julgamentos tornam a escolha do AHP relevante (GOODWIN e WRIGHT, 2005), somada à versatilidade da aplicação.

Wu e Tsai (2010) propuseram integrar os métodos AHP e DEMATEL para avaliar critérios em uma indústria automotiva para mensuração do desempenho dos fornecedores a curto e longo prazo. Dessa forma, a integração entre o método DEMATEL e AHP pode resultar em vantagens ao ajudar o tomador de decisão a continuamente readequar a sua cesta de indicadores considerando as visões de curto prazo (operacionais) e longo prazo (estratégicas).

### 3.3 DESCRIÇÃO DE PROCEDIMENTOS

Esta seção apresenta a proposta desenvolvida na pesquisa. Dividiu-se as ações em 4 etapas explicitando o planejamento e seus objetivos específicos. A figura 5 apresenta a estrutura geral dos procedimentos, que auxilia o entendimento sequencial das etapas.

**FIGURA 5 – ESTRUTURA SEQUENCIAL DOS PROCEDIMENTOS**



Fonte: Elaboração Própria

(1) A primeira etapa prevê uma revisão da literatura sobre indicadores logísticos e *lean*, com o intuito de selecionar uma cesta inicial de indicadores; (2) na segunda etapa, com suporte da revisão da literatura e com entrevistas com especialistas da área, agrupa-se os indicadores definidos na etapa 1 conforme os sete desperdícios do *lean logistics*. Considera que cada indicador agrupado tenha a capacidade de monitorar aquele desperdício específico; (3) Na terceira etapa utiliza-se os indicadores agrupados em cada desperdício para analisar as suas correlações, obtendo-se os fatores de importância e influência de cada indicador ante ao seu desperdício e levantando-se assim o grau de causa e efeito de cada critério através do método DEMATEL; (4) a quarta etapa finaliza com um modelo de decisão baseado no método AHP para ranquear os indicadores selecionados na etapa anterior, utilizando as perspectivas do BSC como critérios e ponderando assim a importância dos indicadores com a visão estratégica do BSC.

Segundo Cauchick et al. (2012) é necessário caracterizar a empresa e estabelecer um protocolo para coleta de dados para realizar um estudo de caso. Yin (2010) reforça a necessidade de um protocolo para levantamento dos dados para aumentar a confiabilidade da pesquisa e orientar o pesquisador na condução do estudo. O quadro 7 lista as etapas de coleta de dados (escolhas e julgamentos), com as entrevistas e questionários aplicados aos especialistas e tomadores de decisão.

**QUADRO 7 – PROTOCOLO PARA COLETA DE DADOS**

<b>Fonte de dados</b>	<b>Execução</b>	<b>Participantes</b>	<b>Análise</b>	<b>Objetivo</b>
Entrevistas apresentando os indicadores identificados na literatura	Junho / 2020	3 especialistas na área de logística, produção e melhoria contínua	Qualitativa	Agrupamento dos indicadores nos 7 desperdícios do Lean
Envio dos indicadores agrupados para preenchimento em uma planilha	Novembro a Dezembro / 2020	3 tomadores de decisão do estudo de caso aplicado	Qualitativa	Identificar os indicadores mais influentes e importantes dentro de cada desperdício
Envio dos indicadores selecionados na etapa anterior para preenchimento em uma planilha	Dezembro a Janeiro / 2021	3 tomadores de decisão do estudo de caso aplicado	Qualitativa	Priorizar os indicadores baseados nas perspectivas do BSC

Fonte: Elaboração própria

O detalhamento da coleta de dados é apresentado no capítulo de resultados e discussões, bem como o perfil dos entrevistados e como a pesquisa foi apresentada para os participantes do estudo.

### 3.3.1 Revisão básica da literatura sobre Seleção de indicadores - Etapa 1

Esta seção apresenta a primeira etapa do procedimento proposto, referente à revisão básica da literatura. Essa etapa visa identificar os indicadores logísticos e operacionais mais representativos que embasam o estudo, considerando o vínculo com o *Lean Logistics* e sua posterior aplicação nos métodos de análise de decisão.

No caso avaliado, a busca pelos indicadores utilizou as bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, além de softwares como *Iramuteq*, *VOS Viewer* e *Mendeley* para análise e gerenciamento dos documentos. Os resultados fornecem uma cesta de KPIs extraídos dos artigos selecionados, que, com o auxílio de critérios baseados no BSC, são utilizados como base de dados inicial da pesquisa. Dessa forma, a revisão sistemática visa especificamente responder à questão: “Quais são os indicadores utilizados nas organizações para medir os processos logísticos e operacionais, e suas influências por metodologias de melhoria contínua e *Lean Logistics*?”. Baseando-se no método de revisão sistemática de Tranfield, Denye e Smart (2003), é possível sequenciar o trabalho conforme os estágios expostos no Quadro 8.

#### QUADRO 8 – ETAPAS DE UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

<b>ESTÁGIO 1 – PLANEJANDO A REVISÃO</b>	
<b>FASE 0</b>	Identificação da necessidade da revisão
<b>FASE 1</b>	Preparação da proposta para a revisão
<b>FASE 2</b>	Desenvolvimento de um protocolo de revisão
<b>ESTÁGIO 2 – CONDUZINDO A REVISÃO</b>	
<b>FASE 3</b>	Identificação da pesquisa
<b>FASE 4</b>	Seleção de estudos
<b>FASE 5</b>	Avaliação da qualidade dos estudos
<b>FASE 6</b>	Extração dos dados e monitoramento do processo
<b>FASE 7</b>	Síntese dos dados
<b>ESTÁGIO 3 – REPORTE E DIVULGAÇÃO</b>	
<b>FASE 8</b>	Reporte e recomendações
<b>FASE 9</b>	Colocando as evidências na prática

Fonte: Tranfield, Denyer e Smart (2003)

Os três estágios citados no Quadro 8, baseados também no Manual de Revisores de Cochrane, Clarke e Oxman (2001) trazem um guia para a revisão sistemática.

No estágio do planejamento, aplicados ao estudo de caso, os termos definidos para busca foram baseados em indicadores logísticos e operacionais: *key performance indicators* (KPIs) e *Lean Logistics*. Foram utilizados os mesmos filtros iniciais e expressões de busca nas bases da *Web of Science* e *Scopus* bem como o intervalo de tempo, 10 anos, entre 2010 e 2019. Compreende-se nesta pesquisa, somente artigos em português e inglês de periódicos que fazem parte das bases das pesquisas citadas. As buscas resultaram em 1882 artigos. O quadro 9 apresenta as bases, expressões de busca e o resultado encontrado.

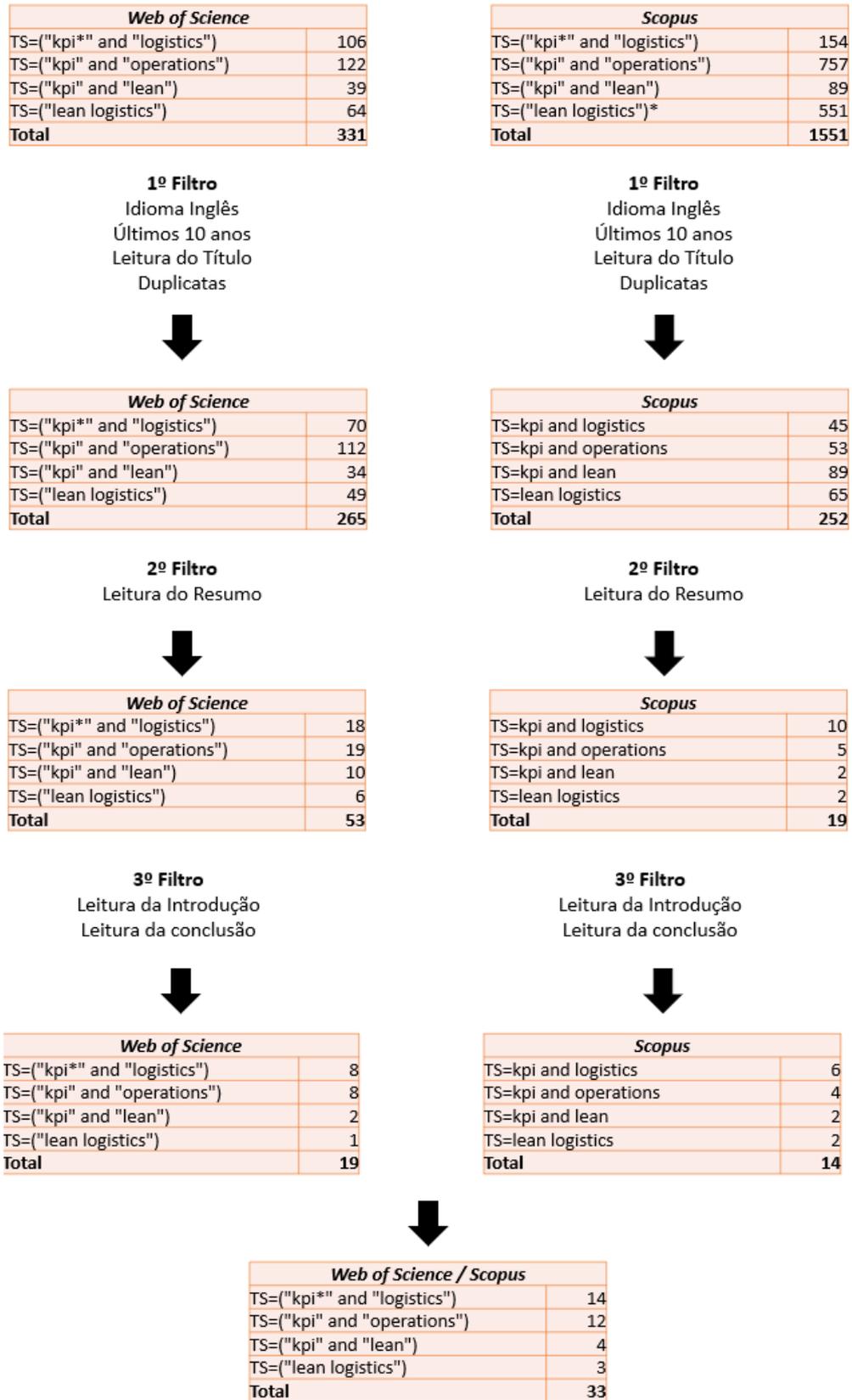
#### QUADRO 9 – BASES E EXPRESSÕES DE BUSCA

Local de Pesquisa	Expressão de busca	Artigos
<i>Web of Science</i>	TS= ("KPI*" and "logistics"), TS= ("KPI" and "operations"), TS= ("KPI" and "lean"), TS= ("lean logistics")	331
<i>Scopus</i>	TITLE-ABS-KEY ("KPI*" and "logistics") AND TITLE-ABS-KEY ("KPI" and "operations") AND TITLE-ABS-KEY ("KPI" and "lean") AND TITLE-ABS-KEY ("lean logistics")	1551

Fonte: Elaboração Própria

Após a identificação das 1882 obras, utilizou-se uma sequência de filtros como idioma dos artigos (português e inglês), eliminação de trabalhos duplicados, arquivos não completos e estudos fora das datas estipuladas, além da leitura dos títulos dos artigos, resultando em 517 artigos. Considerando a leitura do resumo, foram identificados 72 artigos, atendendo ao objetivo da pesquisa. Após esse filtro, os 72 artigos foram submetidos a leitura da introdução e da conclusão para verificar a aderência ao tema buscado originalmente. A Figura 6 resume a sequência de filtros e as expressões de buscas utilizadas.

FIGURA 6 – CONJUNTO DE FILTROS E ARTIGOS



Fonte: Elaboração Própria

Após a série de filtros foram definidos 33 artigos que preencheram os requisitos previamente estipulados. Estes foram submetidos a uma leitura e estudo analítico, com o propósito de relacionar o conteúdo com a pergunta inicial, classificando-os de acordo com suas especificidades.

Os 33 estudos finais são originários de 29 periódicos e conferências internacionais da área de operações logísticas, de 14 países diferentes e de autores de 17 nacionalidades. Isso mostra a disseminação do assunto, não se concentrando em uma pequena quantidade de países. O quadro 10 expõe os títulos dos trabalhos e os seus autores e o quadro 11 sintetiza o conteúdo dos artigos.

## QUADRO 10 – TÍTULO DOS TRABALHOS E AUTORES

Artigo	Título	Autor
1	Identifying Key Performance Indicators to be used in Logistics 4.0 and Industry 4.0 for the needs of sustainable municipal logistics by means of the DEMATEL method	Torbacki, W ; Kijewska, K
2	Development of the KPI System of Logistic Activity of Agricultural Enterprise	Sergeeva, TL; Lazich, Y; Fedorov, DO
3	Measuring the invisible: A key performance indicator for managing construction logistics performance	Ying, F; Tookey, J; Seadon, J
4	Design logistics performance measurement model of automotive component industry for strengthening competitiveness of dealing AEC 2015	Amran, TG ; Yose, MJ
5	A Fuzzy AHP Approach for Evaluating Reverse Logistics Indicators in Brazil	Canineo, JLC; Klen, TP; Reitz, GS; Bouzon, M
6	Determining key performance indicators of intellectual capital in logistics business using Delphi method	Wudhikarn, R
7	Performance measurement and metrics in supply chains: an exploratory study	Piotrowicz, W ; Cuthbertson, R
8	Determining and applying sustainable supplier key performance indicators	Bai, CG; Sarkis, J
9	Development and implementation of key performance indicators for aggregate production using dynamic simulation	Bhadani, K; Asbjornsson, G ; Hulthen, E ; Evertsson, M
10	Key performance indicators in a multi-dimensional performance card in the energy sector	Kowal, B
11	Implementing and Visualizing ISO 22400 Key Performance Indicators for Monitoring Discrete Manufacturing Systems	Ferrer, BR; Muhammad, U; Mohammed, WM ; Lastra, JLM
12	Key Performance Indicators in Manufacturing Operations Management: A case study of the ISO22400-standard applied at Volvo Cars	Zhu, L ; Mejvik, J; Johnsson, C ; Bengtsson, K ; Pettersson, H
13	From production planning flows to manufacturing operation management KPIs: linking ISO18828 & ISO22400 standards	Varisco, M; Deuse, J ; Johnsson, C; Nohring, F; Schiraldi, MM; Wostmand,
14	Global key Performance Best Practice	Woolliscroft, P; Jakabova, M; Krajcovicova, K; Pucikova, L ; Caganova,
15	The Key Performance Indicators to Adopt ERP in the Solar Cell Industry	Wang, ML; Yeh, C; Li, CC
16	Key Performance Indicators in Baby Corn Supply Chain in Thailand	Rattanachai, A ; Wasusri, T; Srilaong, V; Tanprasert, K; Kanlayanarat, S
17	Developing a key performance indicators tree for lean and smart production systems	Ante, G; Facchini, F; Mossa, G; Digiesi, S
18	The use KPI's to determine the waste in production process	Borsos, G; Iacob, CC ; Calefariu, G
19	The Evaluation of Lean Logistics Performance Based on Balanced Score Card and Unascertained Sets	Tong, LZ; Xiao, R; Li, HJ
20	Creating a KPI tree for monitoring and controlling key business objectives of first mile logistics services	Dasgupta, S; Kanchan, S; Kundu, T
21	Determining key performance indicators for warehouse performance measurement - A case study in construction materials warehouse	Kusrini, E; Novendri, F; Helia, V.N.
22	A literature review on performance measures of logistics management: an intellectual capital perspective	Wudhikarn, R.a; Chakpitak, N.b; Neubert, G.c
23	A new fuzzy logic-based metric to measure lean warehousing performance	Buonamico, N.a,b; Muller, L.a; Camargo, M.a
24	Logistics performance evaluation of logistics enterprise integrated with KPIs and FAHP model	Lu, Z.-P; Lu, C.-Y.
25	Monitoring and control of production processes based on key performance indicators for mechatronic systems	Wohlers, B; Dziwok, S; Pasic, F; Lipsmeier, A; Becker, M
26	KPIs for Manufacturing Operations Management: driving the ISO22400 standard towards practical applicability	Varisco, M.a; Johnsson, C.b; Mejvik, J.b; Schiraldi, M.M.a; Zhu, L.c
27	Inventory management in closed loop structure using KPIs	Rachad, S; El Idrissi Larabi, Z; Nsiri, B; Bensassi, B.
28	A Hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production systems	Kang, N.a; Zhao, C; Li, J.b; Horst, J.A.c
29	Evaluating key performance indicators of leagile manufacturing using fuzzy TISM approach	Virmani, N.a; Saha, R.a; Sahai, R.b
30	Lean information management: Selecting criteria for key performance indicators at shop floor	Luga, M.V.a; Kifor, C.V.b; Rosca, L.I.b
31	A framework for the impact of lean six sigma on supply chain performance in manufacturing companies	Pardamean Gultom, G.D; Wibisono, E
32	Integrating simulation-based optimization for lean logistics: A case study	González-Reséndiz, J.a; Arredondo-Soto, K.C.b; Realyvásquez-Vargas, A.a; Híjar-Rivera, H.c; Carrillo-Gutiérrez, T.b
33	Product attributes affected manufacturing KPI to have better control of quality: A further case study of a 500-workers sheet metal manufacturer in China	Li, P

Fonte: Elaboração Própria

## QUADRO 11 – SÍNTESE DOS TRABALHOS

<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Objetivo/Enfoque</b>
Torbacki, W ; Kijewska, K	2019	Avaliar os parâmetros e características dos processos de manufatura e logísticos na indústria 4.0 do ponto de vista da sustentabilidade e utilizando o método multi-critério DEMATEL para avaliação dessas características
Sergeeva, TL; Lazich, Y; Fedorov, DO	2019	Propor um sistema de <i>kpis</i> nas atividades logísticas de uma empresa agrícola
Ying, F; Tookey, J; Seadon, J	2018	Contribuir para o conhecimento sobre a gestão de custos logísticos na construção, através da configuração de um grupo de <i>kpis</i>
Amran, TG ; Yose, MJ	2018	Projetar um modelo de medição da performance logística para empresas de componentes automotivos
Canineo, JLC; Klen, TP; Reitz, GS; Bouzon, M	2017	Trazer indicadores de performance relacionados a logística reversa como suporte aos tomadores de decisão
Wudhikarn, R	2017	Construir um modelo de gerenciamento de capital humano através do método Delphi, focando e identificando indicadores que são importantes para a performance dos negócios nas organizações
Piotrowicz, W ; Cuthbertson, R	2015	Explorar as abordagens e métricas usadas para mensurar a cadeia de suprimentos, através de dados empíricos capturados em pesquisas de profissionais da área
Bai, CG; Sarkis, J	2014	Buscar um método para identificar <i>kpis</i> sustentáveis de uma cadeia de suprimentos para avaliar a sustentabilidade dos seus fornecedores
Bhadani, K; Asbjornsson, G ; Hulthen, E ; Evertsson, M	2010	Calcular <i>kpis</i> relevantes para uma planta de produção agregadas, utilizando simulações dinâmicas
Kowal, B	2019	Apresentar os objetivos estratégicos chaves do setor de energia e os seus <i>kpis</i>
Ferrer, BR; Muhammad, U; Mohammed, WM ; Lastra, JLM	2018	Utilizar um padrão de <i>kpis</i> que permitam a avaliação da performance de sistemas de manufatura
Zhu, L ; Mejvik, J; Johnsson, C ; Bengtsson, K ; Pettersson, H	2018	Propor um sistema de <i>kpis</i> para avaliar a performance operacional em um processo na <i>Volvo Cars</i>
Varisco, M; Deuse, J ; Johnsson, C; Nohring, F; Schiraldi, MM; Wostmand,	2018	Focar nos padrões da ISO18828 e ISO22400, relacionando os processos de planejamento de produção e indicadores chaves de performance
Wooliscroft, P (; Jakabova, M; Krajcovicova, K; Pucikova, L ; Caganova,	2013	Apresentar uma revisão da literatura na área de gestão de performance, buscando as melhores práticas nas indústrias
Wang, ML; Yeh, C; Li, CC	2013	Investigar a associação entre <i>kpis</i> e a combinação de sistemas ERP na indústria de células solares através de pesquisa e questionário
Rattanachai, A ; Wasusri, T; Srilaong, V; Tanprasert, K; Kanlayanarat, S	2010	Desenvolver um modelo conceitual de <i>kpis</i> para cadeia de suprimentos
Ante, G; Facchini, F; Mossa, G; Digiesi, S	2018	Propor um estrutura de <i>kpis</i> em forma de árvore para descrever um sistema de medição de performance de um sistema de produção <i>lean</i>
Borsos, G; Iacob, CC ; Calefariu, G	2016	Apresentar os resultados de um estudo aplicado, através da criação de um sistema de indicadores de performance baseados em desperdícios na manufatura
Tong, LZ; Xiao, R; Li, HJ	2015	Construir um sistema de índices de avaliação da performance de uma logística enxuta baseadas no <i>balanced score card</i>
Dasgupta, S; Kanchan, S; Kundu, T	2019	Definir indicadores chaves de performance de um <i>E-commerce</i>
Kusrini, E; Novendri, F; Helia, V.N.	2018	Identificar e determinar <i>kpis</i> de um armazém, utilizando o método AHP e SNORM
Wudhikarn, R.a; Chakpitak, N.b; Neubert, G.c	2018	Revisão da literatura sobre indicadores classificados de acordo com os elementos de capital intelectual
Buonamico, N.a,b; Muller, L.a; Camargo, M.a	2017	Propor <i>kpis</i> e um <i>lean scorecard</i> para um armazém enxuto
Lu, Z.-P; Lu, C.-Y.	2011	Construir um sistema de avaliação de índices de performance baseados em métodos de <i>kpis</i>
Wohlers, B; Dziwok, S; Pasic, F; Lipsmeier, A; Becker, M	2019	Propor conceitos de <i>kpis</i> e avalia-los em dois estudos de casos diferentes
Varisco, M.a; Johnsson, C.b; Mejvik, J.b; Schiraldi, M.M.a; Zhu, L.c	2018	Introduzir uma estrutura de <i>kpis</i> definido no padrão da ISO 22400
Rachad, S; El Idrissi Larabi, Z; Nsiri, B; Bensassi, B.	2017	Propor um controle de circuito fechado de um processo de inventário usando <i>kpis</i>
Kang, N.a; Zhao, C; Li, J.b; Horst, J.A.c	2016	Introduzir uma estrutura de multi-nível para identificação e análise de <i>kpis</i> e suas relações intrínsecas nos sistemas de produção
Virmani, N.a; Saha, R.a; Sahai, R.b	2018	Revisão da literatura sobre <i>lean/gilgile manufacturing</i> , utilizando a abordagem <i>Fuzzy</i> para encontrar diferentes níveis de <i>kpis</i> .
Iuga, M.V.a; Kifor, C.V.b; Rosca, L.I.b	2015	Buscar a maneira mais adequada para definir e selecionar <i>kpis</i> , através de um modelo original de seis critérios
Pardamean Gultom, G.D; Wibisono, E	2019	Construir uma estrutura para explicar o impacto do <i>lean</i> e seis sigmas na performance da cadeia de suprimentos
González-Reséndiz, J.a; Arredondo-Soto, K.C.b; Realyváquez-Vargas, A.a; Hfjar-Rivera, H.c; Carrillo-Gutiérrez, T.b	2018	Objetiva a aplicação de uma ferramenta estocástica e de otimização como suporte de Tecnologias de Comunicação e Informação através de um estudo de caso em um processo logístico de bens de consumo eletrônicos
Li, P	2019	Propor mensurar uma lista padrão de <i>kpis</i> e atributos de produtos para verificar a relação entre eles

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 11 sintetiza os objetivos de cada artigo científico selecionado. Apesar de diferentes propósitos, os artigos são factíveis de serem utilizados como base de dados na construção de uma lista de indicadores.

Os 33 artigos elencados trazem diferentes conceitos de mensuração de processos logísticos, além de modelos de decisão para definição de KPIs. O intuito principal é a exposição dos indicadores que os autores utilizaram em seus modelos, já considerando sua repetibilidade nos artigos e baseados em um critério de proximidade com processos logísticos enxutos na qual essa dissertação é baseada.

Os artigos selecionados também foram analisados conforme o ano de publicação, baseados no conjunto de filtros apresentados na figura 6, assumindo 10 anos como período limite (Figura 7).

**FIGURA 7 – QUANTIDADE DE PUBLICAÇÕES POR ANO**



Fonte: Elaboração Própria

É possível notar uma evolução na quantidade de publicações a partir de 2017, tendo o pico em 2018. Artigos mais recentes podem trazer informações sobre as práticas correntes das organizações.

O Quadro 12 compila os dados sobre os periódicos nos quais os artigos foram publicados, além de considerar o *SJR* (*Scimago Journal & Country Rank*), indicador bibliométrico que mede a influência de um determinado periódico, e o *H Index*, indicador que tem como propósito quantificar a produtividade e o impacto dos artigos. Além dos dados citados é informado o país de origem das publicações.

## QUADRO 12 – PERIÓDICOS E SEUS INDICADORES

<i>Journal</i>	<i>País</i>	<i>SJR 2018</i>	<i>H Index</i>
Transportation Research Procedia	Holanda	0,601	17
European Proceedings of Social and Behavioural Sciences	Reino Unido	0,158	39
Benchmarking-an International Journal	Reino Unido	0,593	54
IOP Conference Series-Materials Science and Engineering	Reino Unido	0,192	24
DEStech Transactions on Engineering and Technology Research	Estados Unidos	--	--
2017 International Conference On Digital Arts, Media And Technology (icdamt): Digital Economy For Sustainable Growth	Estados Unidos	0,12	5
International Journal Of Productivity And Performance Management	Reino Unido	0,644	48
Supply Chain Management-an International Journal	Reino Unido	2,103	98
Minerals Engineering	Holanda	0,909	88
International Conference On The Sustainable Energy And Environmental Development Machines	Polônia	--	--
2018 IEEE 23rd International Conference On Emerging Technologies And Factory Automation (etfa)	Suíça	0,32	9
IFAC Papersonline	Portugal	0,249	31
Proceedings Of The 9th European Conference On Management Leadership And Governance	Austria	0,298	52
2013 International Conference On Education And Educational Research (eer 2013), Vol 2	Austria	--	--
Southeast Asia Symposium On Quality And Safety Of Fresh And Fresh-cut Produce	Singapura	--	--
20th Innovative Manufacturing Engineering And Energy Conference (imaneec 2016)	Tailândia	--	--
2015 International Conference On Logistics, Informatics And Service Sciences (liss)	Grécia	--	--
Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management	Estados Unidos	0,111	2
International Journal of Innovation, Creativity and Change	Estados Unidos	0,12	4
International Journal of Production Research	Reino Unido	0,187	4
MATEC Web of Conferences	Reino Unido	1,585	115
Supply Chain Forum	França	0,169	18
2011 International Conference on Computer and Management, CAMAN 2011	Estados Unidos	0,288	8
International Journal of Applied Engineering Research	Estados Unidos	0,113	7
International Journal of Systems Assurance Engineering and Management	Índia	0,122	25
Academic Journal of Manufacturing Engineering	Índia	0,29	18
IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	Romênia	0,257	6
Applied Sciences (Switzerland)	Indonésia	0,192	24
	Suíça	0,379	23

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 12 sintetiza as informações dos periódicos, referentes aos indicadores bibliométricos. O SJR considera a média do número de citações recebidas nos últimos 3 anos que antecedem ao ano analisado, sendo ponderados de acordo com a área do conhecimento e prestígio do periódico. Já o *H Index*, considera o número de artigos dos periódicos (*h*), que recebem ao menos *h* citações, quantificando tanto a produtividade científica do periódico quanto o seu impacto científico. Os periódicos *Supply Chain Management – An International Journal* com SJR de 2,103 e o periódico *International Journal of Production Research* com SJR de 1,585 são os dois com maiores pontuações nesse indicador, o que denotam uma maior relevância nos trabalhos publicados nestes meios. Dando prosseguimento a análise, a Tabela 1 sumariza os artigos, associando as publicações a quantidade de vezes em que foram citados por outros trabalhos e quantas referências os mesmos citam nos textos.

**TABELA 1 – PERIÓDICOS, ARTIGOS E CITAÇÕES**

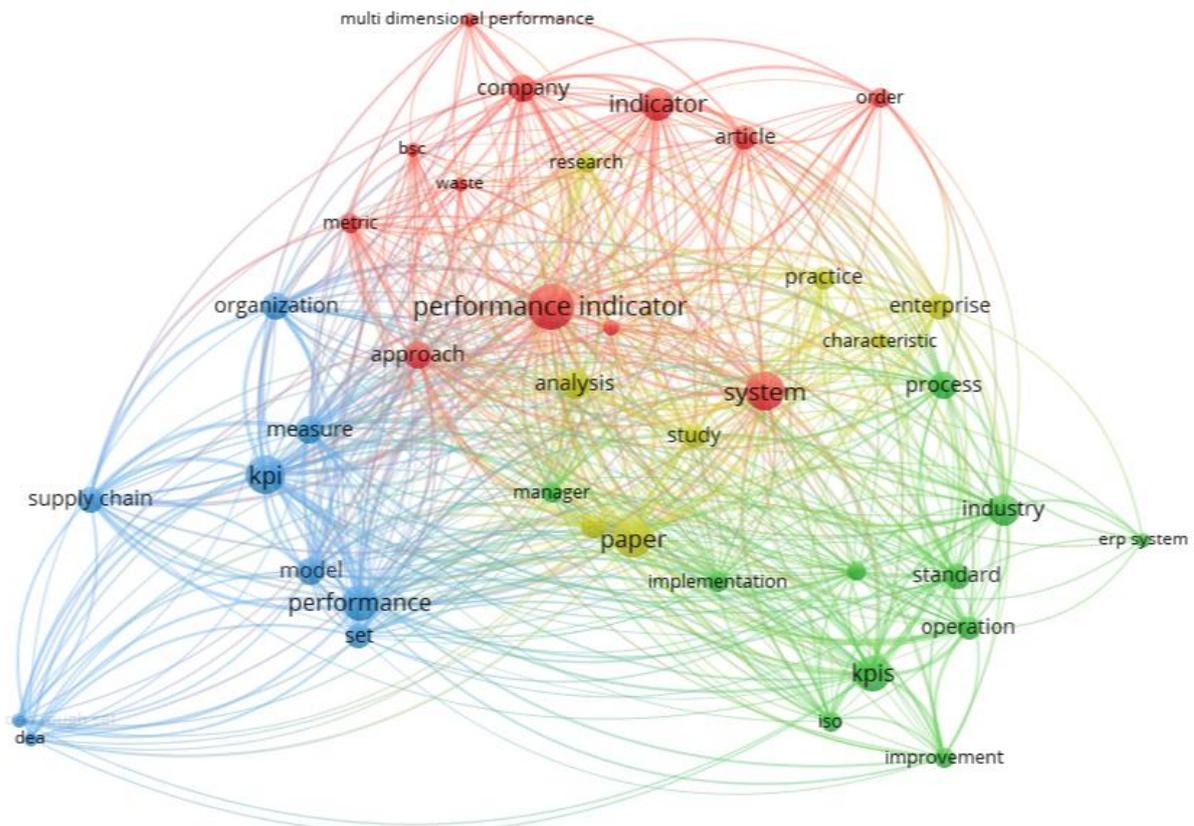
Periódico	Título	Quantidade de Citações	Referências Citadas
Transportation Research Procedia	Identifying Key Performance Indicators to be used in Logistics 4.0 and Industry 4.0 for the needs of sustainable municipal logistics by means of the DEMATEL method	0	38
European Proceedings of Social and Behavioural Sciences	Development Of The Kpi System Of Logistic Activity Of Agricultural Enterprise	0	10
Benchmarking-an International Journal	Measuring the invisible: A key performance indicator for managing construction logistics performance	2	38
IOP Conference Series-Materials Science and Engineering	Design logistics performance measurement model of automotive component industry for strengthening competitiveness of dealing AEC 2015	1	23
DEStech Transactions on Engineering and Technology Research	A FUZZY AHP APPROACH FOR EVALUATING REVERSE LOGISTICS INDICATORS IN BRAZIL	0	27
2017 International Conference On Digital Arts, Media And Technology (icdamt): Digital Economy For Sustainable Growth	Determining key performance indicators of intellectual capital in logistics business using Delphi method	0	45
International Journal Of Productivity And Performance Management	Performance measurement and metrics in supply chains: an exploratory study	15	52
Supply Chain Management-an International Journal	Determining and applying sustainable supplier key performance indicators	76	74
Minerals Engineering	Development and implementation of key performance indicators for aggregate production using dynamic simulation	0	43
International Conference On The Sustainable Energy And Environmental Development	Key performance indicators in a multi-dimensional performance card in the energy sector	3	16
Machines	Implementing and Visualizing ISO 22400 Key Performance Indicators for Monitoring Discrete Manufacturing Systems	3	49
2018 Ieee 23rd International Conference On Emerging Technologies And Factory Automation (etfa)	Key Performance Indicators in Manufacturing Operations Management: A case study of the ISO22400-standard applied at Volvo Cars	0	8
IFAC Papersonline	From production planning flows to manufacturing operation management KPIs: linking ISO18828 & ISO22400 standards	0	15
Proceedings Of The 9th European Conference On Management Leadership And Governance	Global key Performance Best Practice	1	27
2013 International Conference On Education And Educational Research (eer 2013), Vol 2	The Key Performance Indicators to Adopt ERP in the Solar Cell Industry	0	16
Southeast Asia Symposium On Quality And Safety Of Fresh And Fresh-cut Produce	Key Performance Indicators in Baby Corn Supply Chain in Thailand	0	14
IFAC Papersonline	Developing a key performance indicators tree for lean and smart production systems	4	19
20th Innovative Manufacturing Engineering And Energy Conference (imanee 2016)	The use KPI's to determine the waste in production process	0	17
2015 International Conference On Logistics, Informatics And Service Sciences (Iiiss)	The Evaluation of Lean Logistics Performance Based on Balanced Score Card and Unascertained Sets	0	14
Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Volume 2019, Issue MAR, 2019, Pages 716-727	Creating a KPI tree for monitoring and controlling key business objectives of first mile logistics services	0	3
International Journal of Innovation, Creativity and Change	Product attributes affected manufacturing KPI to have better control of quality: A further case study of a 500-workers sheet metal manufacturer in China	0	17
International Journal of Production Research	A literature review on performance measures of logistics management: an intellectual capital perspective	7	205
MATEC Web of Conferences	Determining key performance indicators for warehouse performance measurement - A case study in construction materials warehouse	0	21
Supply Chain Forum	A new fuzzy logic-based metric to measure lean warehousing performance	4	52
2011 International Conference on Computer and Management, CAMAN 2011	Logistics performance evaluation of logistics enterprise integrated with KPIs and FAHP model	0	7
International Journal of Production Economics	Monitoring and control of production processes based on key performance indicators for mechatronic systems	1	28
IFAC-PapersOnLine	KPIs for Manufacturing Operations Management: driving the ISO22400 standard towards practical applicability	3	16
International Journal of Applied Engineering Research	Inventory management in closed loop structure using KPIs	0	18
International Journal of Production Research	A Hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production systems	24	56
International Journal of Systems Assurance Engineering and Management	Evaluating key performance indicators of leagile manufacturing using fuzzy TISM approach	2	46
Academic Journal of Manufacturing Engineering	Lean information management: Selecting criteria for key performance indicators at shop floor	2	13
IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	A framework for the impact of lean six sigma on supply chain performance in manufacturing companies	0	27
Applied Sciences (Switzerland)	Integrating simulation-based optimization for lean logistics: A case study	3	40

Fonte: Elaboração Própria

Artigos com uma maior quantidade de citações mostram-se com maior relevância acadêmica. O artigo “*Determining and applying sustainable supplier key performance indicators*” é citado por outros 76 trabalhos, denotando que é uma referência relevante na área de estudos sobre KPIs, assim como o artigo “*A Hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production systems*” que possui 24 citações.

Utilizando-se do *software VosViewer* foi possível analisar os termos com maior peso nos títulos e resumos dos artigos, objetivando obter um gráfico de palavras apresentado na figura 8, que aponta a representatividade dos termos nos estudos selecionados.

**FIGURA 8 – TERMOS MAIS CITADOS NOS TÍTULOS E RESUMOS**

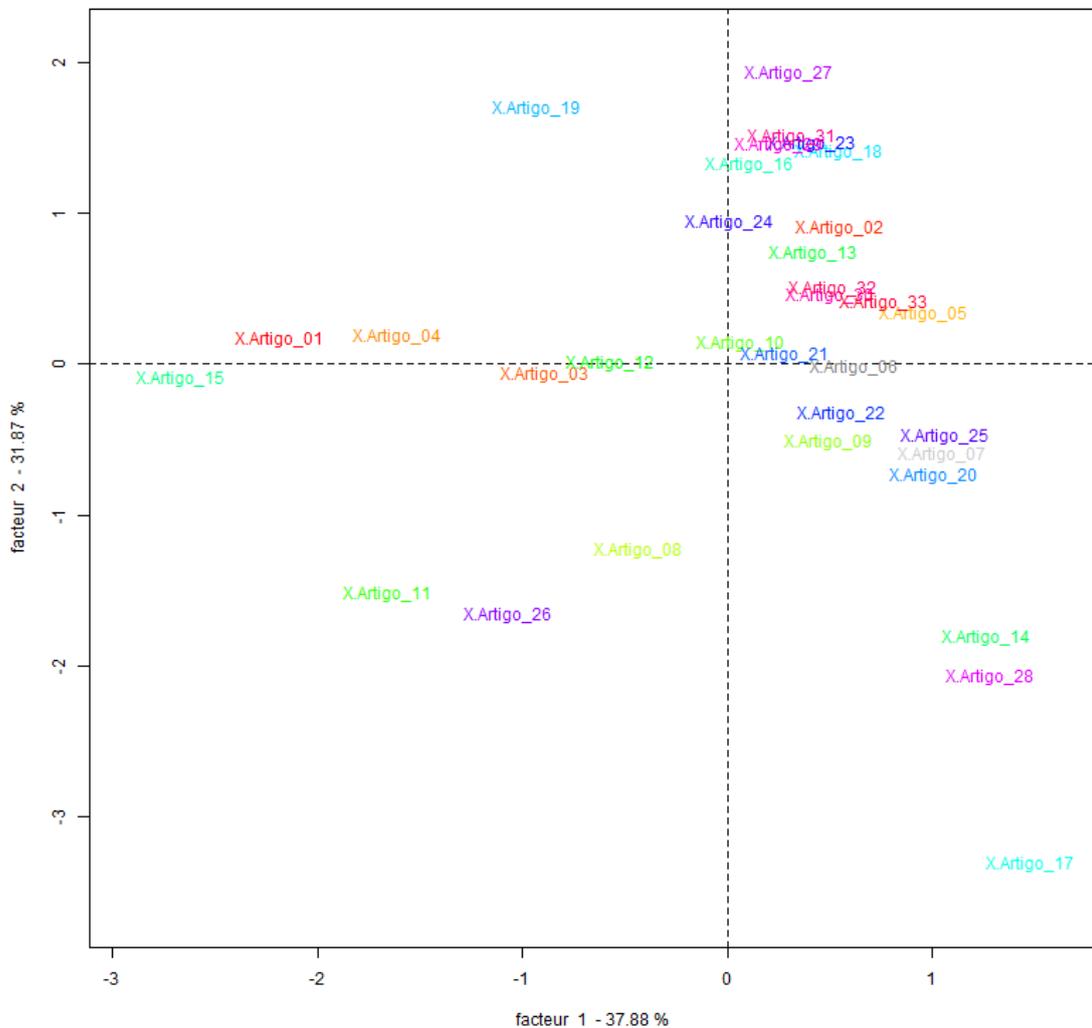


Fonte: Elaboração própria a partir do *software VosViewer*

Foram filtradas as 40 palavras com maior frequência nos títulos e resumos. É possível notar os termos *performance indicator*, *system*, *kpi*, *kpis* e *process* em maior destaque, demonstrando estarem diretamente ligados aos constructos inicialmente definidos da pesquisa. O *software* também efetua uma categorização por cores, referente ao agrupamento das palavras, baseadas na análise do *VosViewer* associando as palavras mais próximas nos artigos.

Prosseguindo com a análise, foi utilizado o *software* Iramuteq (*Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires*) para realizar uma análise fatorial de correspondência, que faz um cruzamento entre o vocabulário (considerando a frequência de incidência de palavras) e as classes, evidenciando assim as relações e proximidades dos textos, o que gera grupos de vocábulos como base de dados para análises. A análise fatorial de correspondência é uma representação gráfica dos dados para visualizar a proximidade entre classes ou palavras. A Figura 9 apresenta o cruzamento entre o vocabulário dos 33 artigos selecionados, gerando graficamente uma representação sobre um plano cartesiano dos textos agrupados conforme suas proximidades de classes.

**FIGURA 9 – ANÁLISE FATORIAL DE CORRESPONDÊNCIA**



Fonte: Elaboração própria a partir do *software* Iramuteq



O *software Iramuteq* permitiu o processamento dos artigos selecionados na revisão sistemática de forma qualitativa. Esta análise visa uma melhor assimilação e entendimento das relações das palavras e termos relevantes para o estudo dentro da área de indicadores logísticos, com o intuito de a literatura subsidiar o prosseguimento desse trabalho.

É possível concluir que quando se trata de indicadores, termos como *measure*, *performance*, *indicators* são bastante evidenciados nos textos, juntamente com palavras como *system*, *evaluation*, *strategy* e *method*. Presume-se que atrelados aos KPIs, há quase sempre métodos e sistemas para sua definição conforme as estratégias e as necessidades de cada pesquisa.

As empresas avaliadas nos 33 artigos selecionados apontam para empresas de manufatura, serviços, cadeia de suprimentos e a necessidade da escolha de indicadores para controlar os seus respectivos processos, conforme demonstrado nos objetivos e enfoques dos trabalhos no quadro 11.

Dentro desses casos, observa-se a importância dos indicadores na literatura relacionada à gestão de operações, como estão presentes no meio acadêmico e como houve evolução no volume de publicações, saindo de dois artigos em 2010 para onze em 2018.

A partir das considerações expostas, é possível verificar a relevância do assunto e como os temas relacionados a indicadores são essenciais dentro dos processos, validando o estudo para a utilização nessa dissertação.

A leitura dos artigos proporcionou o levantamento de 191 indicadores. Os indicadores iguais quanto à sua finalidade foram agrupados e os restantes foram classificados de forma binária, ou seja, se estavam associados ou não aos quatro temas pré-estabelecidos: Logística, Financeira, Cliente e Melhoria. Esses temas são baseados nas 4 perspectivas do BSC, com o intuito de auxiliar na escolha dos indicadores finais.

O quadro 13 apresenta os indicadores selecionados a partir da revisão da literatura. Apresenta-se também a quais artigos selecionados o indicador é vinculado (conforme numeração do Quadro 10) e a quais perspectivas do BSC ele está alinhado.

**QUADRO 13 – INDICADORES LEVANTADOS NA PESQUISA**

Nº	Indicador	Resumo	Artigo	Logística	Financeira	Cliente	Melhoria	Total
1	<b>Custo Fixos</b>	Mede quais são as despesas contínuas de uma empresa, aquelas que são fixas e consideradas ao longo do tempo	7 e 8	x	x			2
2	<b>Retorno de vendas</b>	Considera percentualmente em quanto corresponde o lucro líquido do exercício em relação às vendas líquidas	14	x	x			2
3	<b>Crescimento de vendas</b>	É a taxa de aumento de vendas em um determinado período	14	x	x			2
4	<b>Retorno do Investimentos (ROI)</b>	Analisa o retorno sobre qualquer tipo de investimento	2	x	x			2
5	<b>Fluxo de Caixa</b>	Mede o saldo de entradas e saídas financeiras	14	x	x			2
6	<b>Lucro líquido</b>	Mede a diferença entre a receita total e custo total	14	x	x			2
7	<b>Market Share</b>	Mede a participação de uma empresa no mercado em que está inserida	6		x	x		2
8	<b>Acurácia do planejamento</b>	Mede a precisão entre o planejado e o que efetivamente entrou de demanda	7	x		x		2
9	<b>Nível de serviço de entrega</b>	Mede o cumprimento dos prazos de entreg, levando em consideração o tempo que a carga demorou para chegar ao cliente	27	x	x	x		3
10	<b>Tempo de ciclo de pedido (lead time do pedido)</b>	Tempo para que um pedido seja concluído, da inserção no sistema ao cliente final	4 e 7	x		x		2
11	<b>Percentual de cargas rastreadas</b>	Razão entre a quantidade de cargas que são rastreadas e o total de itens que foram enviados no mesmo período	5	x		x		2
12	<b>Tempo de atraso das entregas</b>	Mede a eficiência na entrega logística, considerando o tempo de atraso que vem sendo praticado pela empresa	7	x		x		2
13	<b>Nível médio de estoque</b>	Mede o nível médio de estoque durante determinando recorte, pode-se considerar a soma dos estoque finais de cada período, e depois dividir pela quantidade de tempo selecionado	18	x	x	x		3
14	<b>Acuracidade de inventário</b>	Mede a precisão do controle entre o estoque físico e o contábil	6	x	x	x		3
15	<b>Pedido Perfeito</b>	Mede a quantidade de pedidos em que não houve nenhum tipo de problema	7	x		x		2
16	<b>Confiabilidade nas entregas</b>	Mede a % de entregas realizadas dentro do prazo conforme combinado com o cliente	8	x		x		2
17	<b>Utilização da capacidade de carga do caminhão</b>	Mede o aproveitamento da capacidade de carga útil dos equipamentos de transporte utilizados	7	x	x			2
18	<b>On Time in Full</b>	Mede a entrega ao cliente do produto correto no prazo acertado	7	x		x		2
19	<b>Custo de armazenagem pela % de vendas</b>	Mede a relação do gasto no processo de estocagem com o volume de vendas	21 e 24	x	x			2
20	<b>Custos operacionais com estoques</b>	Mede todos os gastos relacionado a armazenagem de materiais	4	x	x			2
21	<b>Custos associados a falta de estoque de produtos acabados</b>	Trata-se do indicador que associa a perda de receita devido a falta de material acabado	7	x	x	x		3
22	<b>Cobertura de estoque</b>	Mede o tempo em que o estoque existente é suficiente para atender a demanda, sem a necessidade de reposição	18	x	x			2
23	<b>Giro de estoque</b>	Este indicador fornece o número de vezes em que os estoques foram utilizados em um determinado período	4	x	x			2
24	<b>On-Time Delivery - OTD</b>	Mede o percentual de pedidos entregues no prazo independente das especificações dos itens estarem corretos ou não	7, 14 e 19	x		x		2
25	<b>OFR (Order Fill Rate)</b>	Mede o tempo interno para processamento do pedido	2	x		x		2

**QUADRO 13 – INDICADORES LEVANTADOS NA PESQUISA (continuação)**

Nº	Indicador	Resumo	Artigo	Logística	Financeira	Cliente	Melhoria	Total
26	<b>Taxa anual de rotatividade de empregados (turnover)</b>	Mede o movimento de entrada e saída de funcionários em uma empresa, demonstrado por meio de um índice de rotatividade	6	x			x	2
27	<b>% de produtos reciclados</b>	Mede o percentual de pedidos reciclados em relação ao total de pedidos feitos	5	x	x	x		3
28	<b>Taxa de reclamações do cliente</b>	Mede a relação entre a quantidade de reclamações de clientes pelo total de vendas realizadas	6	x		x		2
29	<b>Porcentagem do custo do trabalhador gasto em treinamento</b>	Mede a relação entre o gasto médio do funcionário pelo gasto em médio em treinamento	6 e 7		x		x	2
30	<b>Implementação do 5S</b>	Mensura o nível da implementação do 5S dentro da área logística da empresa	23	x			x	2
31	<b>Overall equipment effectiveness</b>	Mede a eficiência global de um equipamento	9		x		x	2
32	<b>Time to Market</b>	É um indicador que mede o tempo total desde o início do desenvolvimento de um produto até ele estar disponível para a venda	4		x	x		2
33	<b>Satisfação dos empregados</b>	Mensura o contentamento dos funcionários em relação as suas rotinas e a empresa	6		x		x	2
34	<b>Nível de estoque de segurança</b>	Mensura os níveis de estoque relacionados a estratégia de evitar não atendimentos devido a desvios de processo ou variação da demanda	18	x	x	x		3
35	<b>% de produtos remanufaturados</b>	Mede o percentual de materiais retrabalhados dentro do processo	5		x	x		2
36	<b>Número de empregados trabalhando com projetos de melhoria contínua</b>	Mede a quantidade de trabalhadores que estão envolvidos e trabalhos de melhoria	23		x		x	2
37	<b>TEEP (Total Effective Equipment Productivity)</b>	Mede a efetividade global do processo em relação à sua capacidade máxima	9			x	x	2
38	<b>Lead Time de Fabricação</b>	Tempo para que um lote seja concluído, considerando o seu início no processo até o seu acabamento final	7		x	x		2

Fonte: Elaboração Própria

Como resultado, foram selecionados 38 indicadores de maior relevância com auxílio de regra adotada, ou seja, os indicadores pontuados em 2 ou mais temas (logística, financeira, cliente e melhoria) das últimas colunas do quadro 13. Essa regra, adota as perspectivas do BSC como base para a definição dos 4 temas destacados no quadro 13, sendo que as perspectivas “Financeira” e “Cliente” são mantidas, associando a perspectiva de “Processos Internos” à Logística e a perspectiva de “Aprendizagem e Crescimento” à Melhoria.

O intuito de utilizar o BSC como base nessa etapa, é a sua relevante utilização nas organizações e a adaptação dos temas “Processos Internos” e “Aprendizagem e Crescimento” buscou se associar com a Logística Enxuta, a fim de aproximar a lista de indicadores com o objetivo da dissertação. A utilização dessa regra visa tornar a lista mais sucinta e aderente ao propósito da pesquisa. Indicadores como OTIF (*on time in full*), *on-time delivery*, custo fixo, nível de serviço, cobertura de estoque e retorno de vendas aparecem com grande frequência nos artigos, denotando o maior uso desses KPIs nas áreas estudadas.

Os temas escolhidos como regras para a definição dos indicadores finais vieram das perspectivas adaptadas do BSC:

- **Logística:** Dentre os 38 indicadores levantados, 29 indicadores estão associados à logística conforme demonstra o Quadro 13. Indicadores relacionados a estoques (nível médio de estoque, acurácia de inventário, cobertura e giro de estoque), à movimentação de materiais (confiabilidade nas entregas, utilização da capacidade de carga do caminhão e pedido perfeito) e mesmo indicadores próximos às métricas financeiras, (custos fixos, retorno e crescimento de vendas, fluxo de caixa) estão diretamente voltados à logística, e por isso foram considerados dentro desse tema. A pesquisa retornou trabalhos em diferentes áreas em que a logística está inserida. Torbacki e Kijewska (2019) tratam a logística dentro de um processo de manufatura, enquanto Ying, Tookey e Seadon (2018), apresentam processos logísticos dentro de uma planta de construção. Já Rattanachai et al (2010), apresentam indicadores logísticos dentro de uma cadeia de suprimentos. Além dos artigos citados e das suas respectivas áreas, aplicações em áreas como *e-commerce* e *warehousing*, também foram discutidas, trazendo métricas específicas.
- **Financeiro:** A partir da busca por indicadores dentro da literatura, os indicadores logísticos de cunho financeiro se mostraram bastante relevantes nos estudos. Ao todo, 25 indicadores foram relacionados ao tema financeiro. Indicadores como custo fixo, retorno do investimento, fluxo de caixa e lucro líquido, são métricas clássicas financeiras e foram selecionadas, além de indicadores que se relacionam ao estoque (nível médio de estoque, cobertura de estoque) e indicadores relacionados à qualidade, como % de produtos remanufaturados e % de produtos reciclados. Esses indicadores apesar de não serem puramente financeiros, estão diretamente ligados aos resultados de qualquer organização, sendo métricas que compõem os resultados econômicos das empresas. Nessa avaliação se tornou claro que a grande maioria dos indicadores se relaciona à área financeira, corroborando para a importância dessa perspectiva para alinhamento final dos indicadores da lista. Woolliscroft et al (2013), mencionaram indicadores em seu trabalho com envolvimento direto com métricas financeiras dentro das indústrias. Os autores apresentaram uma revisão da literatura na área de gestão de desempenho e as melhores práticas utilizadas nas empresas. Além dos já apresentados, KPIs como crescimento de vendas, retorno de vendas e acurácia de planejamento demonstram que indicadores que controlam processos financeiros são bem representativos nas organizações.

- **Cliente:** Considerando os 38 indicadores da lista, 21 indicadores estão relacionados ao tema cliente. Indicadores como *market share*, *on time in full*, *on time delivery* e *time to market* visam reproduzir tanto a satisfação do cliente quanto a influência da organização dentro do mercado. Um conjunto de KPIs que auxiliem o controle dessas etapas finais dos processos, tanto produtivos quanto logísticos podem se tornar uma vantagem competitiva em relação à visão dos clientes para com as organizações. Piotrowicz e Cuthbertson (2015) trouxeram os indicadores de nível de serviço, tempo de atraso das entregas e *on-time* como parte fundamental desse atendimento ao cliente. Além dos indicadores citados, métricas relacionadas aos estoques (nível de estoque de segurança, custos associados a falta de estoque de produtos acabados) e qualidade (% de produtos reciclados e remanufaturados) foram apontados como relacionados aos clientes, o que demonstra a relevância da visão do cliente para o negócio e conseqüentemente a importância de indicadores que retratem a relação entre a empresa e eles.
- **Melhoria:** Na lista do Quadro 13, foram associados 7 indicadores ao tema de melhoria. *Turnover*, gasto em treinamento, satisfação dos empregados, implementação de 5S e número de empregados trabalhando com projetos de melhoria contínua, evidenciaram a relação entre a cultura da empresa e dos empregados para uma organização que visa a melhoria contínua. Mostrou-se que é preciso o monitoramento dos trabalhadores da empresa através de indicadores, e como eles se comportam perante a cultura de melhoria. Além dos indicadores mencionados, o *OEE (overall Equipment Effectiveness)* e o *TEEP (Total Effectiveness Equipment Performance)* foram relacionados à melhoria por serem métricas que avaliam o desempenho e eficiência dos equipamentos. Nesse caso específico, a consideração por descrever como melhoria, se dá devido a relação direta ao *lean manufacturing* e ao *lean logistics*.

A utilização desses quatro temas para compor uma classificação final buscou aproximar o resultado da lista final de indicadores ao objetivo da dissertação. De posse desses indicadores, é possível dar início à resolução do problema de pesquisa, utilizando as informações do Quadro 13 como base de dados inicial para o trabalho.

### 3.3.2 Agrupamento dos Indicadores nos 7 desperdícios - Etapa 2

A segunda etapa da proposta considera o agrupamento dos indicadores nos sete desperdícios do Lean, que no caso aplicado foi conduzida por meio de uma entrevista com três

especialistas da área. Gil (2002) considera que a entrevista semiestruturada é conduzida pela relação de pontos de interesse que o entrevistador vai explorando no decorrer do seu curso. Os especialistas entrevistados validaram a realização dessa etapa, já que o conhecimento técnico e de aplicação das técnicas de *Lean Logistics* estão dentro das suas competências avaliadas pela organização. O quadro 14 a seguir resume os perfis dos 3 especialistas participantes dessa etapa no estudo de caso.

#### QUADRO 14 – PERFIL DOS ESPECIALISTAS DA ENTREVISTA

<b>Perfil</b>	<b>Características</b>
Idade	Entre 30 e 45 anos
Cargo	Coordenador de PCP; Coordenador de Logística; Engenheiro de Produção
Experiência	De 5 a 20 anos de trabalho na área
Funções	Melhoria contínua, planejamento estratégico, controle e programação de produção, gerenciamento logístico, gerenciamento de custos, otimização de processos, implementação de sistemas produtivos enxutos

Fonte: Elaboração Própria

Os profissionais relacionaram os indicadores aos desperdícios baseados na experiência operacional tanto na empresa em que o estudo de caso foi feito, como nas experiências em outras organizações, além da própria literatura subsidiar os especialistas nesse agrupamento. No Apêndice A, é apresentado o roteiro da entrevista semiestruturada do estudo de caso, abordando a sequência das perguntas e as orientações para o agrupamento dos indicadores inicialmente selecionados conforme os sete desperdícios, considerando os seguintes pontos:

- Perfil do entrevistado;
- Discussão sobre os desperdícios com maiores impactos em clientes, custos etc.;
- Indicadores mais relevantes dentro dos processos logísticos e de melhoria contínua;
- Fatores que podem relacionar cada indicador a um desperdício;
- Dificuldades no agrupamento e dualidade entre indicadores a mais de um desperdício;
- Fatores para nivelamento da quantidade de indicadores por desperdício;

Como resultado dessa etapa após as entrevistas e discussões com os especialistas, é possível agrupar os indicadores dentro de seus respectivos desperdícios, resultando nos *clusters* das matrizes que serão utilizadas na etapa 3 no desenvolvimento do Método DEMATEL.

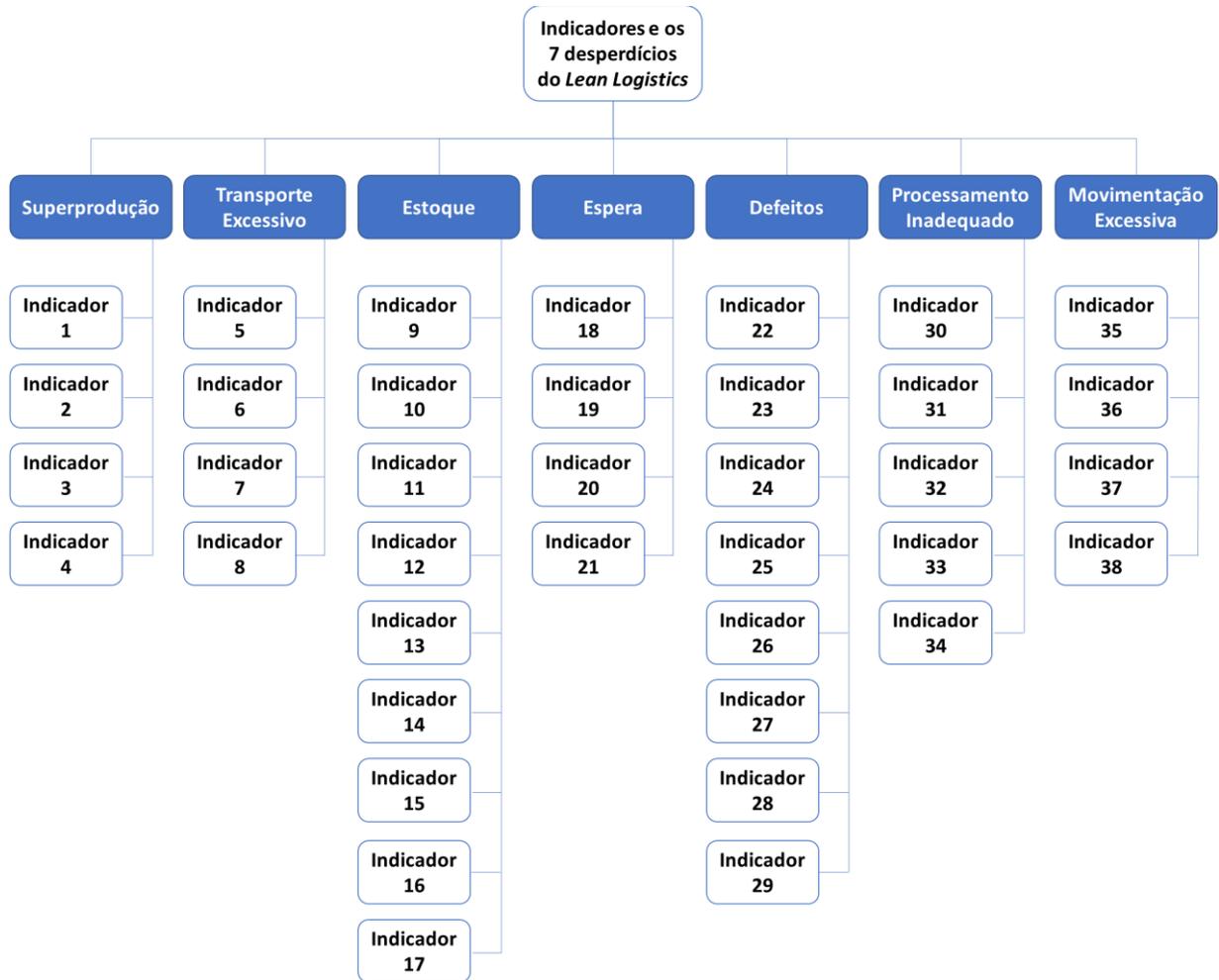
### 3.3.3 Concepção do modelo do método DEMATEL - Etapa 3

Nesta etapa utiliza-se o método DEMATEL para analisar as influências entre os indicadores e os desperdícios permitindo a elaboração de relações de causa e efeito entre os critérios de uma maneira estrutural, hierarquizando os critérios (indicadores) e *clusters* (desperdícios), sendo que essas relações são alcançadas através de entrevistas e de preenchimento de questionários pelos especialistas. Gabus e Fontenela (1972) consideram que através dessas entrevistas é possível obter: (a) o nível de relacionamento que um elemento *i* exerce sobre outro elemento *j* e (b) o nível de relacionamento que um elemento *j* recebe de outro elemento *i*.

A aplicação do método segue o conjunto de 7 passos apresentados na figura 3, baseados nos trabalhos de Wu e Lee (2007) e Sumrit, Detcharat e Anuntavoranich (2012). A seguir replica-se os 7 passos, porém associados ao estudo de caso.

- *Passo 1*: O modelo de decisão foi elaborado considerando o produto da etapa 2, ou seja, os indicadores agrupados nos 7 desperdícios, como os fatores que serão analisados pelos tomadores de decisão. A figura 11 apresenta o agrupamento estruturado:

**FIGURA 11 – AGRUPAMENTO DOS INDICADORES E OS 7 DESPERDÍCIOS**



Fonte: Elaboração Própria

- Passo 2:* Baseado no modelo de agrupamento escolhido, é desenvolvida uma matriz dos desperdícios e dos indicadores (Figura 12) utilizada na entrevista, sendo preenchida e devolvida pelos tomadores de decisão para fornecer os dados que serão utilizados no método DEMATEL. No caso aplicado, os 3 tomadores de decisão ( $p$ ) avaliaram o grau de influência com que cada um dos  $n$  fatores (indicadores) pode afetar o outro (os termos das colunas em relação aos termos das linhas) de maneira par a par. Esse processo foi executado a partir da construção de uma matriz quadrada  $n$  por  $n$ .

FIGURA 12 – MATRIZ DE COMPARAÇÃO

Indicadores e os 7 Desperdícios do Lean Logistics		SUPERPRODUÇÃO				TRANSPORTE EXCESSIVO				ESTOQUE							ESPERA				DEFEITOS					PROCESSAMENTO INADEQUADO				MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA								
		Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4	Indicador 5	Indicador 6	Indicador 7	Indicador 8	Indicador 9	Indicador 10	Indicador 11	Indicador 12	Indicador 13	Indicador 14	Indicador 15	Indicador 16	Indicador 17	Indicador 18	Indicador 19	Indicador 20	Indicador 21	Indicador 22	Indicador 23	Indicador 24	Indicador 25	Indicador 26	Indicador 27	Indicador 28	Indicador 29	Indicador 30	Indicador 31	Indicador 32	Indicador 33	Indicador 34	Indicador 35	Indicador 36	Indicador 37
SUPERPRODUÇÃO	Indicador 1	■																																				
	Indicador 2		■																																			
	Indicador 3			■																																		
	Indicador 4				■																																	
TRANSPORTE EXCESSIVO	Indicador 5				■																																	
	Indicador 6					■																																
	Indicador 7						■																															
	Indicador 8							■																														
ESTOQUE	Indicador 9							■																														
	Indicador 10								■																													
	Indicador 11									■																												
	Indicador 12										■																											
	Indicador 13											■																										
	Indicador 14												■																									
	Indicador 15													■																								
ESPERA	Indicador 16														■																							
	Indicador 17															■																						
	Indicador 18																■																					
	Indicador 19																	■																				
DEFEITOS	Indicador 20																		■																			
	Indicador 21																			■																		
	Indicador 22																				■																	
	Indicador 23																					■																
	Indicador 24																						■															
	Indicador 25																							■														
PROCESSAMENTO INADEQUADO	Indicador 26																																					
	Indicador 27																																					
	Indicador 28																																					
	Indicador 29																																					
MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA	Indicador 30																																					
	Indicador 31																																					
	Indicador 32																																					
	Indicador 33																																					
MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA	Indicador 34																																					
	Indicador 35																																					
	Indicador 36																																					
	Indicador 37																																					
	Indicador 38																																					

Fonte: Elaboração Própria

- *Passo 2 (continuação)*: Na entrevista, dentro das orientações para preenchimento da tabela foi proposto a utilização de uma escala de 0 a 4 de acordo com o grau de influência que um indicador exerce sobre o outro, a adoção dessa escala foi baseada nos trabalhos de Sumrit e Anuntavoranich (2012) e Kashi e Franek (2014) considerando as opiniões dos tomadores de decisão. O quadro 3 mostra o exemplo utilizado nas entrevistas relacionando as variáveis linguísticas abordadas e a escala numérica correspondente.

Para a realização da entrevista, foram escolhidos 3 tomadores de decisão de nível gerencial e com ampla experiência nas áreas de logística, manufatura e melhoria contínua. Um roteiro para a entrevista foi desenvolvido (Apêndice B), visando o alinhamento das expectativas dos tomadores de decisão, introduzindo as questões dos trabalhos, como foram executadas as revisões da literatura e a lista de indicadores

agrupados. O quadro 15 apresenta o perfil de cada tomador de decisão com suas características pessoais e profissionais.

#### QUADRO 15 – PERFIL DOS TOMADORES DE DECISÃO DO MODELO DEMATEL

<b>Perfil dos Tomadores de decisão</b>	<b>Idade</b>	<b>Escolaridade</b>	<b>Função Exercida no momento</b>	<b>Tempo na Empresa</b>	<b>Tempo no Cargo Atual</b>
Tomador de decisão 1	40	Pós Graduação	Gerente de Logística	18 anos	3 anos
Tomador de decisão 2	30	Pós Graduação	Gerente de PCP	4 anos	2 anos
Tomador de decisão 3	43	Pós Graduação	Consultor de Engenharia	20 anos	10 anos

Fonte: Elaboração Própria

- *Passo 3, Passo 4, Passo 5, Passo 6 e Passo 7:* Após a obtenção dos dados através das entrevistas e preenchimento dos questionários pelos tomadores de decisão, foi utilizado a sequência de passos e equações apresentados na revisão da literatura para obtenção dos resultados referentes as relações de causa e efeito, e por fim de forma gráfica, o diagrama de relações.

O procedimento metodológico adotado na etapa 3, referente à formulação do modelo DEMATEL, é apresentado no capítulo 4 da dissertação aplicado ao estudo de caso.

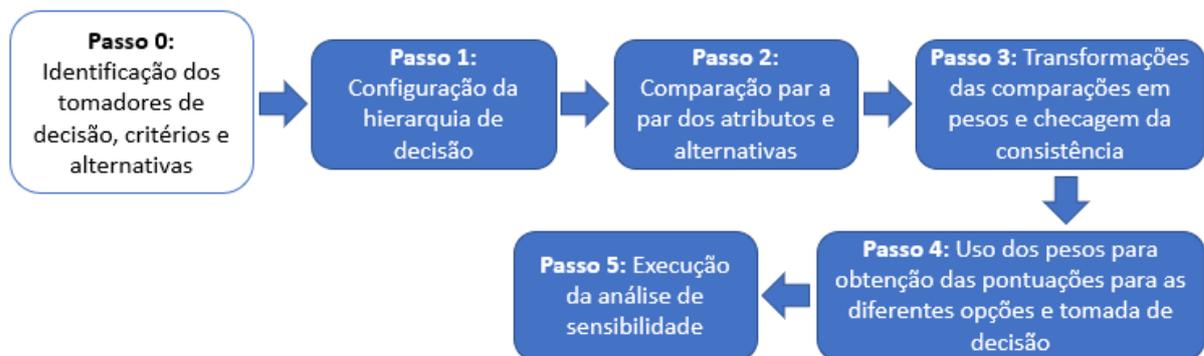
#### 3.3.4 Concepção do modelo do método AHP - Etapa 4

Esta etapa tem como objetivo desenvolver um modelo através do método AHP para o ranqueamento dos indicadores selecionados como produto da etapa 3 considerando as perspectivas do BSC como critérios. Objetiva-se uma lista final com os indicadores operacionais *lean* mais influentes e importantes dentro dos desperdícios, mas priorizados com a visão estratégica do BSC. A estrutura metodológica da etapa 4 considera que os tomadores de decisão definam os pesos dos critérios de escolha para as diferentes alternativas disponíveis. A abordagem para essa etapa foi desenvolvida a partir do processo de tomada de decisão proposto por Keeney (1982).

No estudo aplicado, essa etapa utilizou uma entrevista e formulário para a coleta das opiniões dos tomadores de decisão conforme detalhado no Apêndice C, além da utilização do software *OnlineOutput* para coletar esses dados, estruturar o problema e as preferências do tomador de decisão a fim de executar automaticamente todo tratamento matemático utilizado no método.

A sequência para a aplicação do método AHP segue os 5 passos definidos por Goodwin e Wright (2005), considerando o “passo 0” como as escolhas pré-definidas nas etapas anteriores.

**FIGURA 13 – SEQUÊNCIA DA APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP**



Fonte: Elaboração Própria

- *Passo 0*: O passo 0 considera a identificação dos tomadores de decisão (quadro 15), dos critérios (quadro 17) e das alternativas (quadro 18). Os tomadores de decisão escolhidos são profissionais de dentro do estudo de caso, os mesmos entrevistados na etapa anterior. A escolha por esses tomadores de decisão ocorre pela relevância na atuação em temas estratégicos da organização, já que os critérios utilizados e avaliados vêm das 4 perspectivas da visão estratégica apresentada pelo BSC. As alternativas definidas são o resultado dos indicadores mais influentes e importantes por desperdício, ou seja, para cada um dos 7 desperdícios há um indicador agrupado na etapa 2 e selecionado através da sua importância entre os demais na etapa 3 no modelo DEMATEL.

### QUADRO 16 – CRITÉRIOS UTILIZADOS NO MODELO AHP

<b>Crítérios</b>
Financeiro
Cliente
Processos internos
Aprendizado e Crescimento

Fonte: Elaboração Própria

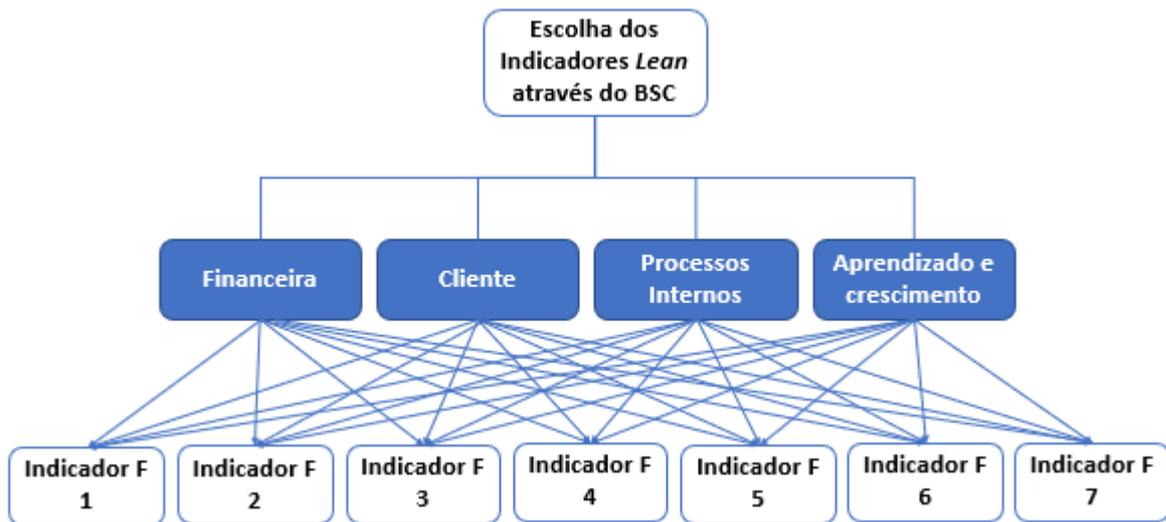
### QUADRO 17 – ALTERNATIVAS UTILIZADAS NO MODELO AHP

<b>Alternativas</b>
Indicador Final 1
Indicador Final 2
Indicador Final 3
Indicador Final 4
Indicador Final 5
Indicador Final 6
Indicador Final 7

Fonte: Elaboração Própria

- Passo 1 (Configuração da hierarquia de decisão):* Na primeira etapa da modelagem AHP seguindo as etapas propostas por Goodwin e Wright (2005), uma árvore de decisão é montada considerando o objetivo geral de decisão, critérios e alternativas. Sendo o objetivo geral de decisão: “O ranqueamento dos indicadores operacionais *lean* mais importantes dentro dos desperdícios priorizados com a visão estratégica do BSC”. Os critérios e alternativas são apresentados nos quadros 17 e 18 respectivamente. A figura 14 apresenta a hierarquia modelada para esse problema. Entende-se como “Indicador F”, os 7 indicadores definidos na lista final após a etapa 3 no modelo DEMATEL.

**FIGURA 14 – HIERÁRQUIA PARA O PROBLEMA DE RANQUEAMENTO DE INDICADORES**



Fonte: Elaboração Própria

- *Passo 2 (Comparações par a par dos atributos e alternativas):* Esta etapa objetiva determinar a importância relativa dos critérios e comparar como as alternativas se relacionam com os critérios. Saaty (2000) recomenda que as comparações par a par sejam feitas usando respostas verbais. O quadro 19 resume a relação entre as escalas verbais e numéricas além das explicações. No estudo aplicado, esse quadro foi apresentado para os tomadores de decisão para auxiliar os julgamentos.

**QUADRO 18 – ESCALA DE JULGAMENTOS**

<b>Escala Numérica</b>	<b>Escala Verbal</b>	<b>Explicação</b>
1	Mesma importância	Os dois atributos contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância fraca de um sobre o outro	A experiência e o julgamento favorecem levemente um atributo em relação ao outro
5	Importância forte ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um atributo em relação ao
7	Importância muito forte ou demonstrada	Um atributo é fortemente favorecido em relação ao outro, seu predomínio de importância é demonstrado na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece um atributo em relação ao outro com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de favorecimento entre duas definições

Fonte: Saaty (2000)

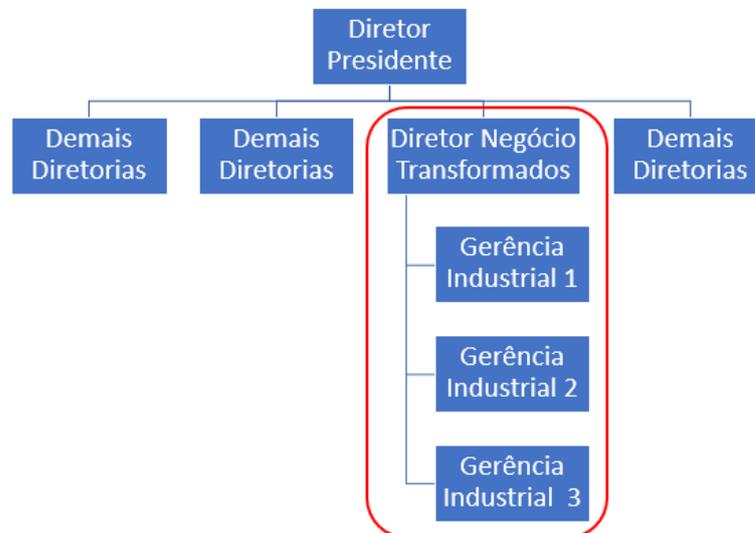
- *Passo 3 (Obter pesos e checar as consistências):* Com a utilização dos dados provenientes dos formulários respondidos pelos tomadores de decisão, foi possível utilizar o software *OnlineOutput®* e planilhas para executar os cálculos das tabelas envolvidas. Como produto desse passo, obteve-se os pesos ponderados por critérios e alternativas, além do cálculo para o teste de consistência.
- *Passo 4 (Utilizar pesos para obter pontuações e obter decisões provisórias):* Esta etapa calcula os resultados gerais de todas as alternativas, ranqueando no final os indicadores com os maiores pesos dentro do modelo de tomada de decisão. Houve a utilização do software *OnlineOutput®* para os cálculos desta etapa.
- *Passo 5 (Executar a análise de sensibilidade):* Após a primeira rodada de julgamentos e a execução do modelo AHP, os resultados foram compilados e discutidos com os tomadores de decisão, sobretudo as matrizes inconsistentes no qual foi necessário reavaliar os julgamentos. Esse passo visa o afinamento das escolhas e o alinhamento entre os tomadores de decisão.

### 3.4 A EMPRESA ESTUDADA – UNIDADE DE PESQUISA

A metodologia desenvolvida foi aplicada a uma empresa metalúrgica de grande porte. Com um processo de produção totalmente integrado, desde a mineração até o produto acabado, possui fábricas, usinas hidrelétricas, centros de distribuição, unidades de mineração e de apoio como usinagem e caldeiraria. A produção é dividida em duas estratégias principais, conforme o produto: (1) Primários, com foco em lingotes, tarugos e matéria-prima para transformação; e (2) Transformados, com 3 linhas principais de produtos: 2 áreas de laminados e 1 área de extrudados. A relevância nos processos logísticos internos da empresa é evidenciada na demanda por movimentação de materiais dentro da empresa. Por ser uma planta totalmente verticalizada, saindo do beneficiamento da matéria-prima até o produto acabado, há muitas movimentações e as oportunidades de melhorias e ganhos baseados no conceito do *lean logistics* tornam a área um oportuno campo para a melhoria contínua.

A Figura 15 mostra o organograma da empresa estudada, bem como o recorte da unidade de pesquisa da qual serão realizadas as entrevistas com os tomadores de decisão.

**FIGURA 15 – ORGANOGRAMA DA UNIDADE DE PESQUISA**



Fonte: Elaborado pelo Autor

Com variados processos internos, é uma empresa brasileira que se encontrava em processo de implementação de manufatura enxuta em seus departamentos operacionais à época do início do estudo. O cenário apresentado confirma o estudo de caso como procedimento ideal para a pesquisa, ao propor e avaliar um método estruturado para definir um conjunto de indicadores logísticos alinhados à estratégia de implementação do *lean logistics* na empresa,

baseada nos sete desperdícios do *lean*. Em relação ao recorte da empresa onde será realizado o estudo de caso, há a divisão essencialmente em três grandes áreas de manufatura sendo processos com diferentes estratégias de produção, mas que partilham de uma mesma estrutura de logística de apoio.

A área de logística interna, responsável pela movimentação da matéria-prima, insumos e produtos acabados apoia essas três grandes áreas e está ligada diretamente aos processos de manufatura, sendo essencial para o bom funcionamento da produção, evitando desperdícios, não só considerando uma logística enxuta, mas uma manufatura que segue os conceitos do *lean*.

O modelo de decisão desenvolvido nesse estudo de caso, tem a participação dos tomadores de decisão das áreas de manufatura, logística, PCP e de melhoria contínua além de especialistas. A visão global de uma equipe multidisciplinar pode trazer uma análise mais ampla para os 7 desperdícios do *lean logistics* e como é possível através de indicadores, buscar controlá-los com o intuito de reduzi-los ou mitigá-los.

O quadro 19 destaca números agregados da produção da empresa (multiplicados por um fator) e do volume de materiais que operacionalmente são movimentados dentro do escopo do estudo de caso, e visa dar uma dimensão da relevância de se dispor de boas métricas de controle e como fluxos e estoques desorganizados e que são afetados pelos desperdícios podem impactar de forma negativa na organização.

#### QUADRO 19 – VOLUME DE MATERIAIS MOVIMENTADOS

	Matéria-prima	Produção Acabada	Insumos	Características
Área 1	~6000t/mês	~4500t/mês	~500t	Produtos entre 14t e 0,5t, alta diversidade de SKUs, modelos de embalagens e insumos
Área 2	~5000t/mês	~3500t/mês	~300t	Produtos entre 14t e 0,5t, alta diversidade de SKUs, modelos de embalagens e insumos
Área 3	~3000t/mês	~2500t/mês	~200t	Produtos entre 2t e 0,4t, alta diversidade de SKUs, modelos de embalagens e insumos
Total	~14000t/mês	~10500t/mês	~1000t	Além dos materiais, há diversas necessidades de movimentações de peças e ferramentas

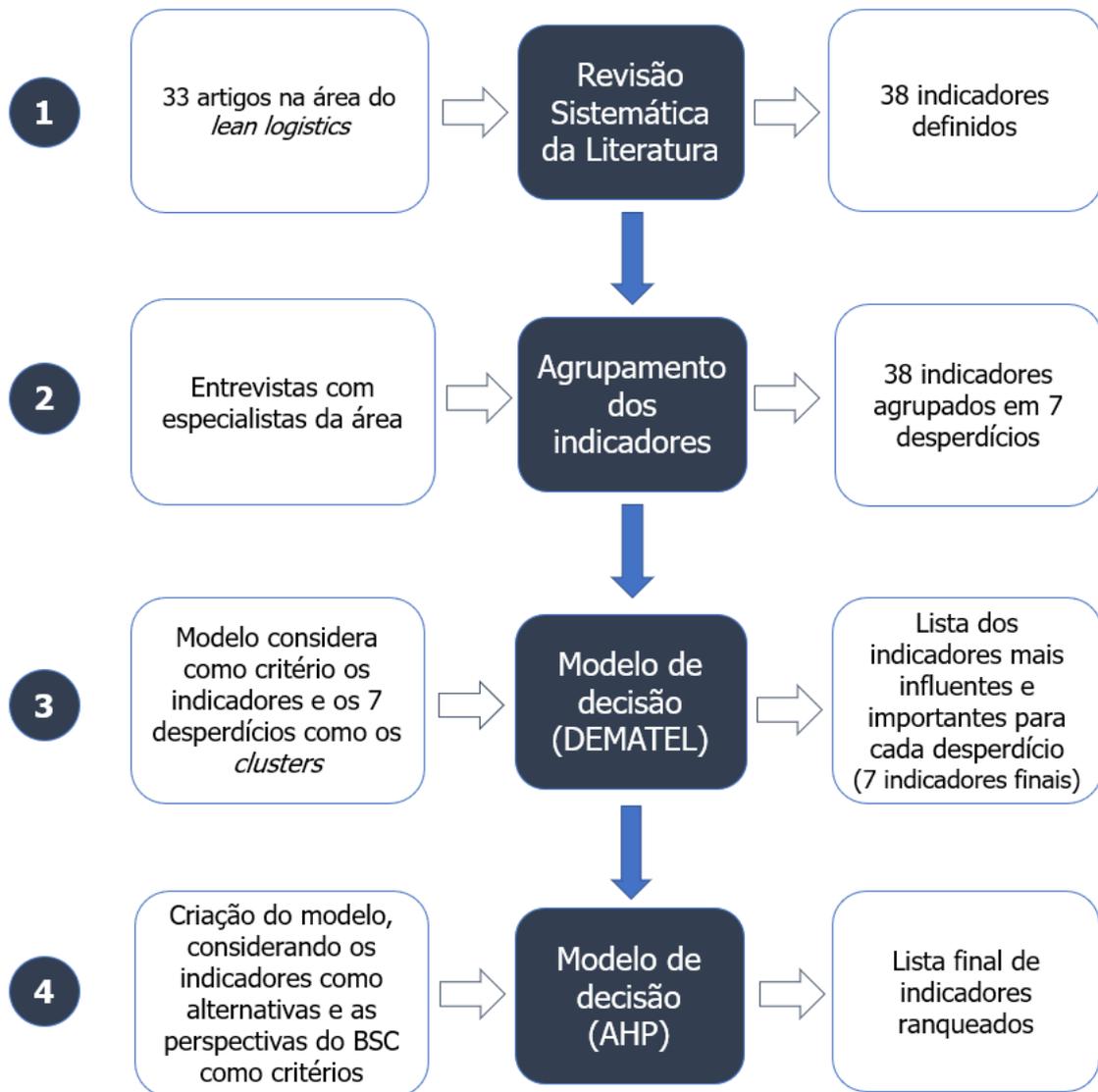
Fonte: Elaboração Própria

O quadro 19 apresenta informações da quantidade de material movimentado nas 3 áreas de manufatura, além de características da área de logística. Bobinas com peso superior a 14t por exemplo, requerem uma estrutura complexa de acondicionamento de materiais, limitação de espaço físico e ferramentas para movimentação, ao mesmo tempo em que produtos acabados com menores volumes demandam movimentações com mais cuidado devido à fragilidade, por exemplo. Assim, o controle de todos os processos, auxiliando na utilização de métodos de *lean logistics* e *lean manufacturing* pode contribuir para fluxos de materiais mais enxutos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção objetiva apresentar os resultados do procedimento proposto na pesquisa. Inicialmente são apresentados os indicadores levantados na revisão sistemática da literatura. Após essa etapa, é apresentada a estrutura de agrupamento dos indicadores em seus respectivos desperdícios, feita através da entrevista realizada com os especialistas. Na terceira e quarta etapa são apresentados os resultados dos modelos aplicado à decisão DEMATEL e AHP respectivamente, e as discussões acerca dos resultados. A figura 16 apresenta a sequência das 4 etapas do procedimento proposto na dissertação.

**FIGURA 16 – RESULTADOS PROPOSTOS DE CADA ETAPA**



Fonte: Elaboração Própria

A Figura 16 destaca os resultados de cada uma das etapas facilitando o entendimento do capítulo 4 e como o modelo foi desenvolvido. Essas etapas consideraram a coleta de dados com as pesquisas na literatura, o agrupamento e os modelos aplicados à decisão em si.

#### 4.1 LISTA DE INDICADORES LEVANTADOS NA REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura utilizou 33 artigos para localizar os indicadores mais utilizados a partir dos *string* de busca adotados no quadro 9; resultando em 38 indicadores que formam a base de dados inicial para o desenvolvimento do modelo dessa dissertação. O Quadro 20 apresenta os indicadores levantados.

#### QUADRO 20 – LISTA DE INDICADORES INICIAIS DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Indicadores levantados na Revisão da Literatura			
1	Custo Fixos	20	Custos operacionais com estoques
2	Retorno de vendas	21	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados
3	Crescimento de vendas	22	Cobertura de estoque
4	Retorno do Investimentos (ROI)	23	Giro de estoque
5	Fluxo de Caixa	24	On-Time Delivery - OTD
6	Lucro líquido	25	OFR (Order Fill Rate)
7	Market Share	26	Taxa anual de rotatividade de empregados (turnover)
8	Acurácia do planejamento	27	% de produtos reciclados
9	Nível de serviço de entrega	28	Taxa de reclamações do cliente
10	Tempo de ciclo de pedido (lead time do pedido)	29	Porcentagem do custo do trabalhador gasto em treinamento
11	Percentual de cargas rastreáveis	30	Implementação do 5S
12	Tempo de atraso das entregas	31	Overall equipment effectiveness
13	Nível médio de estoque	32	Time to Market
14	Acuracidade de inventário	33	Satisfação dos empregados
15	Pedido Perfeito	34	Nível de estoque de segurança
16	Confiabilidade nas entregas	35	% de produtos remanufaturados
17	Utilização da capacidade de carga do caminhão	36	Número de empregados trabalhando com projetos de melhoria
18	On Time in Full	37	TEEP (Total Effective Equipment Productivity)
19	Custo de armazenagem pela % de vendas	38	Lead Time de Fabricação

Fonte: Elaboração Própria

Esses indicadores foram selecionados em artigos filtrados a partir de constructos como logística, indicadores, KPIs, *lean logistics* e logística enxuta, passando por critérios de seleção e sua aderência em relação aos temas financeiro, clientes, melhoria e logística. Esses temas foram pré-estabelecidos com base nas perspectivas do *BSC*, visando uma quantidade mais enxuta de indicadores e mais próximos do objetivo desse estudo.

## 4.2 AGRUPAMENTO DOS INDICADORES NOS SETE DESPERDÍCIOS DO LEAN

Nesta etapa buscou-se realizar o agrupamento dos indicadores conforme os sete desperdícios do *lean logistics*. Com o apoio da literatura e de especialistas na área, foi possível vincular os indicadores com cada desperdício, considerando assim o controle, a mitigação ou até mesmo a eliminação do respectivo desperdício. Ao todo, 3 especialistas realizaram o agrupamento dos indicadores aos sete desperdícios do *Lean*, sendo os perfis apresentados no quadro 14.

O Quadro 21 agrupa os 38 indicadores com os seus respectivos desperdícios, resultado das entrevistas e das escolhas pelos 3 especialistas.

**QUADRO 21 – AGRUPAMENTOS DOS INDICADORES POR DESPÉRDÍCIO**

<b>Desperdícios</b>	<b>Nº</b>	<b>Siglas</b>	<b>Indicadores</b>
1. Superprodução	8	AP	Acurácia do Planejamento
	2	RV	Retorno de vendas
	1	CF	Custo Fixos
	3	CV	Crescimento de vendas
2. Transporte Excessivo	11	PC	Percentual de cargas rastreáveis
	30	IS	Implementação do 5S
	17	UC	Utilização da capacidade da carga do caminhão
	16	CE	Confiabilidade nas entregas
3. Estoque	5	FC	Fluxo de caixa
	6	LL	Lucro Líquido
	13	NM	Nível médio de estoque
	14	AI	Acurácia de inventário
	19	CA	Custo de armazenagem pela % de vendas
	20	CO	Custos operacionais com estoques
	22	CET	Cobertura de estoque
	23	GE	Giro de estoque
	34	NE	Nível de estoque de segurança
4. Espera	10	TC	Tempo de ciclo de pedido (lead time do pedido)
	7	MS	Market Share
	21	CAF	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados
	12	TA	Tempo de atraso das entregas
5. Defeitos	9	NS	Nível de serviço de entrega
	15	PP	Pedido Perfeito
	18	OF	On Time in Full
	27	PR	% de produtos reciclados
	28	TR	Taxa de reclamações do cliente
	31	OEE	Overall equipment effectiveness
	35	PM	% de produtos remanufaturados
	24	OT	On-Time Delivery - OTD
6. Processamento Inadequado	37	TE	TEEP (Total Effective Equipment Productivity)
	38	LT	Lead Time de Fabricação
	32	TM	Time to Market
	25	OFR	OFR (Order Fill Rate)
7. Movimentação Excessiva	4	ROI	Retorno do Investimentos (ROI)
	26	TO	Taxa anual de rotatividade de empregados (turnover)
	29	PT	Porcentagem do custo do trabalhador gasto em treinamento
	36	NET	Número de empregados trabalhando com projetos de melhoria contínua
	33	SE	Satisfação dos empregados

Fonte: Elaboração Própria

O quadro 21 apresenta o agrupamento dos indicadores aos desperdícios, o que auxilia na composição do modelo de análise de decisão, de forma que os indicadores cubram todos os desperdícios. Dentro do processo de agrupamento foi possível notar grande quantidade de indicadores se relacionando com mais de um desperdício.

Desperdícios como superprodução e estoque se relacionam diretamente, já que resultam em materiais parados “sem necessidade”, e consequentemente dificultam o agrupamento dos

indicadores, trazendo a necessidade no aprofundamento das discussões também considerando o equilíbrio da quantidade de indicadores por desperdício.

Os indicadores de custos se relacionam quase que diretamente com todos os desperdícios, e trouxeram a necessidade de refinamento aos agrupamentos. Dentre todos os desperdícios, defeitos resultou em 8 indicadores agrupados, desde indicadores que medem a satisfação do cliente como taxa de reclamações, *ontime delivery* e *OTIF* até indicadores como *OEE* que avaliam a eficiência da planta e que podem cobrir esse desperdício de acordo com os especialistas.

Transporte excessivo e movimentação excessiva também partilham indicadores em comum, o agrupamento final dos indicadores para cada desperdício se deu em discussões entre os especialistas quanto a força na relação indicador x desperdício, mas também objetivando o equilíbrio da quantidade de indicadores entre os próprios desperdícios, sendo esse um dos critérios de desempate para o agrupamento final. Uma característica do desperdício “processamento inadequado” é criar etapas desnecessárias nos processos e que não agregam valor. Indicadores que medem tempo de processo e de eficiência de processo podem ser agrupados nesse desperdício, assim como o desperdício de espera, que se desdobra em métricas que avaliam o tempo de entrega, *lead time* e custos associados à falta de estoque de materiais acabados por exemplo.

. O procedimento para esse agrupamento considerava a associação do indicador versus desperdício por cada especialista, sendo que quando houvesse consenso estaria definido, porém ao haver divergências no agrupamento, o indicador seria discutido com os três especialistas até a concordância na sua associação. Considerou-se que o equilíbrio na quantidade de indicadores por desperdício também é relevante em casos que o indicador cobrisse mais de um desperdício. Essa orientação visa sobretudo, auxiliar na composição do modelo posteriormente, pois todos os desperdícios terão indicadores agrupados a si, para que sejam utilizados na etapa do desenvolvimento do método de decisão.

#### 4.3 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA ETAPA 3 – DEMATEL

A terceira etapa dessa proposta iniciou com a entrevista e consulta de 3 tomadores de decisão da empresa estudada, responsáveis pelas tomadas de decisão da área analisada por essa pesquisa. Após a apresentação dos objetivos da pesquisa, foram explicados os temas referentes a etapa 3 do estudo. Os temas relacionados aos 7 desperdícios bem como indicadores foram brevemente apresentados, a ferramenta DEMATEL, os objetivos e as responsabilidades sobre

o preenchimento das matrizes iniciais para ponderação das influências entre as correlações. O preenchimento das matrizes das influências entre as correlações foram executadas seguindo a escala literal demonstrada no quadro 3, de forma individual e respondidas através de *e-mail* pelos tomadores de decisão

Cada tomador de decisão preencheu 8 tabelas, sendo a primeira considerando a influência entre as correlações dos 7 desperdícios e as demais as influências entre os indicadores dentro de cada desperdício agrupado. As tabelas são apresentadas no Apêndice D.

Para a construção da tabela inicial de pontuação, utilizou-se a média das pontuações dos 3 tomadores de decisão apresentadas na tabela 2 e 3, que são as matrizes de relação direta D entre os 7 desperdícios (*clusters*) e os critérios (*indicadores*) respectivamente.

**TABELA 2 – MATRIZ DE RELAÇÃO DIRETA D ENTRE OS DESPERDÍCIOS**

CORRELAÇÃO	Superprodução	Transporte Excessivo	Estoque	Espera	Defeitos	Processamento Inadequado	Movimentação Excessiva
Superprodução	0,0000	3,3333	4,0000	2,6667	2,6667	1,6667	2,3333
Transporte Excessivo	1,0000	0,0000	2,0000	1,3333	2,6667	1,3333	2,6667
Estoque	1,3333	2,6667	0,0000	2,6667	2,0000	1,0000	2,6667
Espera	2,3333	1,3333	2,3333	0,0000	0,3333	0,3333	0,3333
Defeitos	2,0000	3,0000	2,6667	1,6667	0,0000	3,3333	1,3333
Processamento Inadequado	2,0000	1,6667	1,6667	2,0000	3,3333	0,0000	1,6667
Movimentação Excessiva	1,6667	1,3333	1,3333	1,3333	1,3333	0,3333	0,0000

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 3 – MATRIZ DE RELAÇÃO DIRETA D ENTRE OS INDICADORES**

CORRELAÇÃO (Módulo 3 TD)	SUPERPRODUÇÃO				TRANSPORTE EXCESSIVO				ESTOQUE				ESPERA				DEFITOS				PROCESSAMENTO INDEQUADO				MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA															
	AP	RV	CF	CV	PC	IS	LC	CE	FC	LL	NM	AI	CA	CO	CE	GH	NE	TC	MS	CE	TA	NS	PP	OP	PR	TR	OBE	PM	OT	TE	LT	TM	ORR	ROI	TO	PT	NE	SE		
AP	0,000	4,000	3,333	3,667																																				
RV	3,333	0,000	2,333	3,000																																				
CF	2,000	3,667	0,000	3,000																																				
CV	3,333	3,333	3,667	0,000																																				
PC				0,000	1,333	0,667	3,000																																	
IS				1,333	0,000	2,333	2,000																																	
LC				1,000	2,333	0,000	3,000																																	
CE				2,333	1,333	2,667	0,000																																	
FC					0,000			0,000	2,333	3,667	1,000	3,333	2,667	3,333	2,667	3,667	3,667																							
LL					2,333	0,000		0,000	0,000	1,667	1,333	2,000	2,333	1,667	2,000	1,667																								
NM					4,000	1,667	0,000	2,667	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	2,667	4,000																								
AI					1,667	1,333	2,000	0,000	1,667	2,000	2,667	1,667	2,667	1,667	2,333																									
CA					3,333	3,000	3,000	1,667	0,000	2,333	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000																									
CO					3,333	3,000	3,000	2,000	2,667	0,000	3,000	2,667	3,000	3,000	2,667	3,000																								
GH					3,667	2,333	3,333	3,000	3,667	3,667	0,000	3,667	3,667	0,000	3,667	3,667																								
NE					3,333	2,000	3,333	2,333	3,333	3,000	3,667	3,000	3,667	0,000	3,667	3,667																								
TC					3,667	1,667	3,333	3,333	3,333	3,333	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	0,000																								
MS																0,000	3,333	3,667	3,000																					
CE																2,000	0,000	1,667	1,667																					
TA																2,000	2,667	0,000	3,333																					
NS																1,667	3,000	3,667	0,000																					
PP																0,000	3,667	4,000	1,667	3,667	2,000	2,333	4,000																	
OP																3,667	0,000	4,000	2,667	3,667	2,000	3,000	3,667																	
PR																3,667	3,667	0,000	2,000	3,667	2,333	2,333	3,667																	
TR																2,333	2,667	2,333	0,000	3,000	2,667	2,333	2,000																	
OBE																4,000	2,667	2,667	3,000	3,000	3,000	2,667	3,000																	
PM																2,667	2,667	3,000	3,667	2,667	0,000	2,333	3,000																	
OT																3,000	3,000	3,333	3,000	2,667	0,000	2,333	3,000																	
TE																3,667	2,333	3,667	2,000	2,667	2,333	2,000	0,000																	
LT																0,000	1,667	3,333	2,333																					
TM																2,333	0,000	3,667	3,333																					
ORR																2,000	2,000	0,000	1,667																					
ROI																1,667	3,333	2,667	0,000																					
TO																0,000	1,000	2,000	2,667	3,000																				
PT																2,000	0,000	3,333	1,667	4,000																				
NIET																2,333	2,333	0,000	2,333	3,333																				
SE																2,667	1,667	2,333	0,000	2,667																				
																2,667	3,667	3,333	2,667	0,000																				

Fonte: Elaboração Própria

Esta etapa contou com a equação (2) apresentada no passo 3 do método DEMATEL, e considerou a média das 3 respostas dos tomadores de decisão para compor a primeira matriz D das relações entre os desperdícios (tabela 2) e os indicadores agrupados (tabela 3).

A seguir são executados os passos apresentados sobre o DEMATEL, primeiramente com as matrizes dos desperdícios (tabela 4) e posteriormente com as matrizes dos indicadores (tabela 7 em diante).

A tabela 4 compila as mesmas informações existentes na tabela 2, mostrando o grau de correlação entre os desperdícios de uma forma normalizada. Esta matriz foi obtida a partir das equações 3 e 4 apresentadas anteriormente.

**TABELA 4 – MATRIZ D NORMALIZADA RELACIONADA AOS DESPERDÍCIOS**

CORRELAÇÃO	Superprodução	Transporte Excessivo	Estoque	Espera	Defeitos	Processamento Inadequado	Movimentação Excessiva
Superprodução	0,000	0,200	0,240	0,160	0,160	0,100	0,140
Transporte Excessivo	0,060	0,000	0,120	0,080	0,160	0,080	0,160
Estoque	0,080	0,160	0,000	0,160	0,120	0,060	0,160
Espera	0,140	0,080	0,140	0,000	0,020	0,020	0,020
Defeitos	0,120	0,180	0,160	0,100	0,000	0,200	0,080
Processamento Inadequado	0,120	0,100	0,100	0,120	0,200	0,000	0,100
Movimentação Excessiva	0,100	0,080	0,080	0,080	0,080	0,020	0,000

Fonte: Elaboração Própria

Utilizando as informações resultantes da tabela 4, é possível, aplicando-se a equação 7 obter a matriz T (Tabela 5), que é a matriz finalizada para as correlações dos desperdícios.

**TABELA 5 – MATRIZ T DE RELAÇÃO TOTAL (DESPERDÍCIOS)**

CORRELAÇÃO	Superprodução	Transporte Excessivo	Estoque	Espera	Defeitos	Processamento Inadequado	Movimentação Excessiva
Superprodução	0,280	0,536	0,577	0,460	0,467	0,317	0,436
Transporte Excessivo	0,251	0,247	0,360	0,290	0,363	0,232	0,350
Estoque	0,282	0,403	0,274	0,371	0,343	0,220	0,365
Espera	0,257	0,253	0,310	0,159	0,182	0,128	0,177
Defeitos	0,354	0,475	0,467	0,372	0,299	0,376	0,349
Processamento Inadequado	0,331	0,380	0,389	0,358	0,431	0,187	0,330
Movimentação Excessiva	0,226	0,251	0,258	0,228	0,230	0,132	0,149

Fonte: Elaboração Própria

Com a matriz T calculada e finalizada, é possível através das equações 9 e 10 obter os valores de  $D_i$  e  $R_i$ , somando as linhas e colunas respectivamente. Com estes resultados é possível construir os diagramas de relação Causa e Efeito que serão apresentados posteriormente. A tabela 6 apresenta os resultados de forma mais detalhada, além do ranqueamento que apresenta o desperdício mais importante da organização de acordo com as opiniões dos tomadores de decisão e da aplicação do método DEMATEL. Considerou-se o resultado da coluna ( $D_i + R_i$ ) para esse ranqueamento.

**TABELA 6 – RELAÇÕES FINAIS E PRIORIZAÇÕES DAS CORRELAÇÕES DOS 7 DESPERDÍCIOS**

Correlação	$D_i$	$R_i$	$D_i+R_i$	$D_i-R_i$	Rank
Superprodução	3,073	1,981	5,054	1,092	1º
Defeitos	2,692	2,316	5,009	0,376	2º
Estoque	2,259	2,636	4,895	-0,378	3º
Transporte Excessivo	2,092	2,546	4,638	-0,453	4º
Processamento Inadequado	2,406	1,591	3,997	0,815	5º
Espera	1,465	2,237	3,703	-0,772	6º
Movimentação Excessiva	1,476	2,156	3,632	-0,68	7º

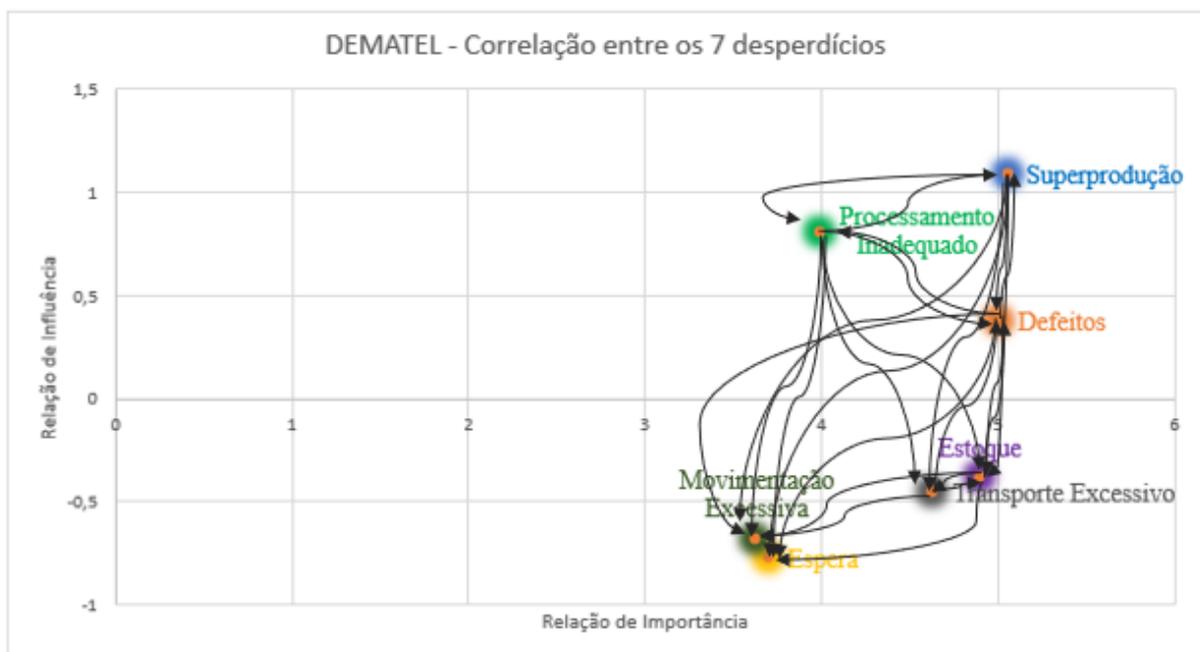
Fonte: Elaboração Própria

Verifica-se na tabela 6 o estabelecimento de um ranking comparando as importâncias de cada desperdício para a organização ( $D_i + R_i$ ). A coluna ( $D_i - R_i$ ) apresenta os critérios que influenciam e sofrem influência dentro da matriz inicial de acordo com os seus valores. Critérios com valores positivos fornecem influência sendo considerados “grupos de causa” enquanto os critérios com valores negativos são influenciados e considerados como grupo de efeitos. De acordo com o resultado do método, os desperdícios mais importantes e que deveriam ser priorizados pela organização são:

Superprodução > Defeitos > Estoque > Transporte excessivo > Processamento Inadequado > Espera > Movimentação Excessiva

É possível observar de maneira gráfica como as importâncias e influências dos critérios se comportam em um plano cartesiano. A figura 17 mostra a correlação entre os 7 critérios adotados, ou seja, os 7 desperdícios demonstrados através de um diagrama de causa e efeito.

**FIGURA 17 – DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO (DESPERDÍCIOS)**



Fonte: Elaboração Própria

Na figura 17 é possível observar que a Superprodução é o critério mais importante e que mais influência os demais, seguido de Defeitos e Estoque. Apesar do Processamento Inadequado ser considerado apenas o 5º desperdício mais importante, ele é o 2º em grau de

influência de acordo com o método. Movimentação Excessiva e Espera são os dois desperdícios menos relevantes em comparação aos demais, além de serem os que mais sofrem influência do restante, estando no “grupo de efeitos”. As setas indicam quais desperdícios influenciam os outros, sendo utilizado como limiar o valor de 0,3155, referente a média dos elementos da matriz de relação total para a inclusão dos fatores que influenciam.

Superprodução dentro da metodologia *Lean*, tem o poder de potencializar os demais desperdícios, colocando-a como o principal desperdício, esta afirmação também pode ser evidenciado no resultado trazido pelas escolhas dos tomadores de decisão através do DEMATEL.

A seguir, são apresentados os resultados das correlações dos indicadores para cada desperdício, considerando a mesma sequência do DEMATEL apresentada nas matrizes dos desperdícios.

As tabelas 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13 compilam as informações existentes na tabela 3, porém de maneira individual para cada desperdício, mostrando o grau de correlação entre os indicadores agrupados em cada desperdício de uma forma normalizada. Estas matrizes foram obtidas a partir das equações 3 e 4.

**TABELA 7 – MATRIZ D NORMALIZADA RELACIONADA AOS INDICADORES DO DESPERDÍCIO – SUPERPRODUÇÃO**

CORRELAÇÃO - SUPERPRODUÇÃO	AP	RV	CF	CV
AP	0,0000	0,3640	0,3030	0,3330
RV	0,3030	0,0000	0,2120	0,2730
CF	0,1820	0,3330	0,0000	0,2730
CV	0,3030	0,3030	0,3330	0,0000

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 8 – MATRIZ D NORMALIZADA RELACIONADA AOS INDICADORES DO DESPÉRDIO – TRANSPORTE EXCESSIVO**

CORRELAÇÃO - TRANSPORTE EXCESSIVO	PC	IS	UC	CE
PC	0	0,211	0,105	0,474
IS	0,211	0	0,368	0,316
UC	0,158	0,368	0	0,474
CE	0,368	0,211	0,421	0

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 9 – MATRIZ D NORMALIZADA RELACIONADA AOS INDICADORES DO DESPÉRDIO – ESTOQUE**

CORRELAÇÃO - ESTOQUE	FC	LL	NM	AI	CA	CO	CET	GE	NE
FC	0	0,086	0,136	0,037	0,123	0,099	0,123	0,099	0,136
LL	0,086	0	0,062	0,049	0,074	0,086	0,062	0,074	0,062
NM	0,148	0,062	0	0,099	0,148	0,148	0,148	0,099	0,148
AI	0,062	0,049	0,074	0	0,062	0,074	0,099	0,062	0,086
CA	0,123	0,111	0,111	0,062	0	0,086	0,111	0,111	0,111
CO	0,123	0,111	0,111	0,074	0,099	0	0,111	0,099	0,111
CET	0,136	0,086	0,123	0,111	0,136	0,136	0	0,136	0,136
GE	0,123	0,074	0,123	0,086	0,123	0,111	0,136	0	0,136
NE	0,136	0,062	0,123	0,123	0,123	0,111	0,111	0,111	0

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 10 – MATRIZ D NORMALIZADA RELACIONADA AOS INDICADORES DO DESPÉRDIO – ESPERA**

CORRELAÇÃO - ESPERA	TC	MS	CAF	TA
TC	0	0,333	0,367	0,3
MS	0,2	0	0,167	0,167
CAF	0,2	0,267	0	0,333
TA	0,167	0,3	0,367	0

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 11 – MATRIZ D NORMALIZADA RELACIONADA AOS INDICADORES DO DESPERDÍCIO – DEFEITOS**

CORRELAÇÃO - DEFEITOS	NS	PP	OF	PR	TR	OEE	PM	OT
NS	0	0,162	0,176	0,074	0,162	0,088	0,103	0,176
PP	0,162	0	0,176	0,118	0,162	0,088	0,132	0,162
OF	0,162	0,162	0	0,088	0,162	0,103	0,103	0,162
PR	0,103	0,118	0,103	0	0,132	0,118	0,103	0,088
TR	0,176	0,118	0,118	0,103	0	0,132	0,118	0,132
OEE	0,118	0,118	0,132	0,162	0,118	0	0,103	0,132
PM	0,132	0,132	0,147	0,103	0,132	0,118	0	0,132
OT	0,162	0,103	0,162	0,088	0,118	0,103	0,088	0

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 12 – MATRIZ D NORMALIZADA RELACIONADA AOS INDICADORES DO DESPERDÍCIO – PROCESSAMENTO INADEQUADO**

CORRELAÇÃO - PROCESSAMENTO INADEQUADO	TE	LT	TM	OFR
TE	0	0,179	0,357	0,25
LT	0,25	0	0,393	0,357
TM	0,214	0,214	0	0,179
OFR	0,179	0,357	0,286	0

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 13 – MATRIZ D NORMALIZADA RELACIONADA AOS INDICADORES DO DESPERDÍCIO – MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA**

CORRELAÇÃO - MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA	ROI	TO	PT	NET	SE
ROI	0	0,081	0,162	0,216	0,243
TO	0,162	0	0,27	0,135	0,324
PT	0,189	0,189	0	0,189	0,27
NET	0,216	0,135	0,189	0	0,216
SE	0,216	0,297	0,27	0,216	0

Fonte: Elaboração Própria

Utilizando as informações resultantes das tabelas 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13, é possível aplicando-se a equação 7 obter a matriz T, conforme apresentadas nas tabelas 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20 respectivamente, que são as matrizes finalizadas para as correlações dos indicadores dentro de cada desperdício.

**TABELA 14 – MATRIZ T DE RELAÇÃO TOTAL (SUPERPRODUÇÃO)**

CORRELAÇÃO - SUPERPRODUÇÃO	AP	RV	CF	CV
AP	1,6280	2,2080	1,9330	2,0060
RV	1,5990	1,6280	1,6040	1,6870
CF	1,4960	1,8450	1,3970	1,6560
CV	1,7800	2,0800	1,8710	1,6710

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 15 – MATRIZ T DE RELAÇÃO TOTAL (TRANSPORTE EXCESSIVO)**

CORRELAÇÃO - TRANSPORTE EXCESSIVO	PC	IS	UC	CE
PC	2,439	2,623	2,952	3,855
IS	2,873	2,753	3,444	4,178
UC	3,108	3,284	3,489	4,636
CE	3,18	3,139	3,703	4,252

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 16 – MATRIZ T DE RELAÇÃO TOTAL (ESTOQUE)**

CORRELAÇÃO - ESTOQUE	FC	LL	NM	AI	CA	CO	CET	GE	NE
FC	0,586	0,488	0,664	0,447	0,669	0,622	0,669	0,59	0,697
LL	0,466	0,272	0,418	0,317	0,438	0,431	0,429	0,4	0,44
NM	0,807	0,533	0,63	0,563	0,776	0,745	0,778	0,669	0,798
AI	0,459	0,327	0,441	0,282	0,44	0,433	0,473	0,401	0,474
CA	0,674	0,495	0,624	0,452	0,539	0,593	0,64	0,582	0,657
CO	0,679	0,499	0,629	0,466	0,633	0,517	0,644	0,576	0,661
CET	0,789	0,548	0,732	0,568	0,758	0,728	0,641	0,692	0,78
GE	0,734	0,505	0,691	0,517	0,706	0,667	0,718	0,534	0,736
NE	0,728	0,485	0,677	0,536	0,691	0,653	0,685	0,62	0,602

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 17 – MATRIZ T DE RELAÇÃO TOTAL (ESPERA)**

CORRELAÇÃO - ESPERA	TC	MS	CAF	TA
TC	0,675	1,219	1,226	1,114
MS	0,576	0,589	0,725	0,68
CAF	0,728	1,019	0,799	0,988
TA	0,719	1,054	1,082	0,752

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 18 – MATRIZ T DE RELAÇÃO TOTAL (DEFEITOS)**

CORRELAÇÃO - DEFEITOS	NS	PP	OF	PR	TR	OEE	PM	OT
NS	1,185	1,205	1,327	0,923	1,282	0,963	0,981	1,303
PP	1,381	1,118	1,383	1	1,338	1,008	1,048	1,348
OF	1,321	1,203	1,174	0,934	1,279	0,974	0,98	1,289
PR	1,066	0,982	1,06	0,707	1,057	0,834	0,825	1,029
TR	1,276	1,12	1,224	0,908	1,087	0,957	0,95	1,213
OEE	1,202	1,095	1,207	0,937	1,166	0,821	0,918	1,184
PM	1,243	1,132	1,248	0,909	1,205	0,947	0,846	1,214
OT	1,187	1,039	1,18	0,838	1,117	0,874	0,867	1,021

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 19 – MATRIZ T DE RELAÇÃO TOTAL (PROCESSAMENTO INADEQUADO)**

CORRELAÇÃO - PROCESSAMENTO INADEQUADO	TE	LT	TM	OFR
TE	0,653	0,894	1,213	0,949
LT	1,005	0,918	1,454	1,196
TM	0,723	0,794	0,794	0,785
OFR	0,861	1,071	1,248	0,821

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 20 – MATRIZ T DE RELAÇÃO TOTAL (MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA)**

CORRELAÇÃO - MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA	ROI	TO	PT	NET	SE
ROI	0,77	0,802	0,993	0,93	1,16
TO	1,1	0,912	1,291	1,057	1,465
PT	1,058	1,006	1,004	1,035	1,349
NET	0,993	0,882	1,065	0,796	1,204
SE	1,21	1,204	1,37	1,183	1,311

Fonte: Elaboração Própria

Com as matrizes T calculadas para cada desperdício, é possível através das equações 9 e 10 obter os valores de  $D_i$  e  $R_i$ , somando as linhas e colunas respectivamente. Com estes resultados é possível construir os diagramas de relação Causa e Efeito. A tabela 21 apresenta esses resultados de forma mais detalhada, além do ranqueamento que considerou os indicadores mais importantes de cada desperdício previamente agrupado, de acordo com as opiniões dos tomadores de decisão e da aplicação do método DEMATEL. Como referência para o ranqueamento, considerou-se o resultado da coluna ( $D_i + R_i$ ).

**TABELA 21 – RELAÇÕES FINAIS E RANQUEAMENTO DAS CORRELAÇÕES DOS INDICADORES POR DESPÉRDÍCIO**

Correlação	Siglas	Di	Ri	Di+Ri	Di-Ri	Rank
<b>SUPERPRODUÇÃO</b>						
Crescimento de vendas	CV	7,402	7,019	14,421	0,383	<b>1º</b>
Retorno de vendas	RV	6,519	7,761	14,279	-1,242	<b>2º</b>
Acurácia do Planejamento	AP	7,775	6,504	14,278	1,271	<b>3º</b>
Custo Fixos	CF	6,393	6,805	13,199	-0,412	<b>4º</b>
<b>DEFEITOS</b>						
Nível de serviço de entrega	NS	9,168	9,86	19,028	-0,692	<b>1º</b>
On Time in Full	OF	9,153	9,802	18,955	-0,649	<b>2º</b>
Pedido Perfeito	PP	9,624	8,893	18,518	0,731	<b>3º</b>
Taxa de reclamações do cliente	TR	8,735	9,531	18,266	-0,796	<b>4º</b>
On-Time Delivery - OTD	OT	8,122	9,6	17,723	-1,478	<b>5º</b>
% de produtos remanufaturados	PM	8,743	7,416	16,159	1,328	<b>6º</b>
Overall equipment effectiveness	OEE	8,53	7,378	15,908	1,152	<b>7º</b>
% de produtos reciclados	PR	7,559	7,156	14,716	0,403	<b>8º</b>
<b>ESTOQUE</b>						
Cobertura de estoque	CET	6,236	5,678	11,913	0,558	<b>1º</b>
Nível médio de estoque	NM	6,299	5,506	11,805	0,793	<b>2º</b>
Nível de estoque de segurança	NE	5,677	5,846	11,522	-0,169	<b>3º</b>
Fluxo de caixa	FC	5,432	5,922	11,354	-0,489	<b>4º</b>
Custo de armazenagem pela % de vendas	CA	5,257	5,649	10,906	-0,393	<b>5º</b>
Giro de estoque	GE	5,808	5,063	10,871	0,745	<b>6º</b>
Custos operacionais com estoques	CO	5,304	5,39	10,694	-0,086	<b>7º</b>
Acurácia de inventário	AI	3,73	4,148	7,879	-0,418	<b>8º</b>
Lucro Líquido	LL	3,611	4,152	7,763	-0,54	<b>9º</b>
<b>TRANSPORTE EXCESSIVO</b>						
Confiabilidade nas entregas	CE	14,274	16,92	31,194	-2,646	<b>1º</b>
Utilização da capacidade da carga do caminhão	UC	14,516	13,587	28,104	0,929	<b>2º</b>
Implementação do 5S	IS	13,249	11,8	25,049	1,449	<b>3º</b>
Percentual de cargas rastreáveis	PC	11,868	11,6	23,468	0,268	<b>4º</b>
<b>PROCESSAMENTO INADEQUADO</b>						
Lead Time de Fabricação	LT	4,572	3,677	8,25	0,895	<b>1º</b>
Time to Market	TM	3,096	4,709	7,805	-1,613	<b>2º</b>
OFR (Order Fill Rate)	OFR	4,001	3,75	7,751	0,251	<b>3º</b>
TEEP (Total Effective Equipment Productivity)	TE	3,708	3,241	6,949	0,467	<b>4º</b>
<b>ESPERA</b>						
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	CAF	3,534	3,832	7,366	-0,298	<b>1º</b>
Tempo de atraso das entregas	TA	3,606	3,534	7,14	0,072	<b>2º</b>
Tempo de ciclo de pedido (lead time do pedido)	TC	4,235	2,698	6,933	1,536	<b>3º</b>
Market Share	MS	2,57	3,881	6,452	-1,311	<b>4º</b>
<b>MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA</b>						
Satisfação dos empregados	SE	6,279	6,489	12,768	-0,209	<b>1º</b>
Porcentagem do custo do trabalhador gasto em treinamento	PT	5,452	5,723	11,174	-0,271	<b>2º</b>
Taxa anual de rotatividade de empregados (turnover)	TO	5,824	4,806	10,63	1,018	<b>3º</b>
Nº de empregados trab. com projetos de melhoria contínua	NET	4,939	5,001	9,94	-0,062	<b>4º</b>
Retorno do Investimentos (ROI)	ROI	4,654	5,13	9,784	-0,476	<b>5º</b>

Fonte: Elaboração Própria

Verifica-se na tabela 21 o estabelecimento de um ranking comparando as importâncias dos indicadores agrupados em cada desperdício para a organização ( $D_i + R_i$ ). A coluna ( $D_i - R_i$ ) apresenta os critérios que influenciam e sofrem influência dentro da matriz inicial de acordo com os seus valores. De acordo com o resultado do método, os indicadores mais importantes por desperdício e que deveriam ser priorizados pela organização são:

Superprodução: CV > RV > AP > CF

Defeitos: NS > OF > PP > TR > OT > PM > OEE > PR

Estoque: CET > NM > NE > FC > CA > GE > CO > AI > LL

Transporte excessivo: CE > UC > IS > PC

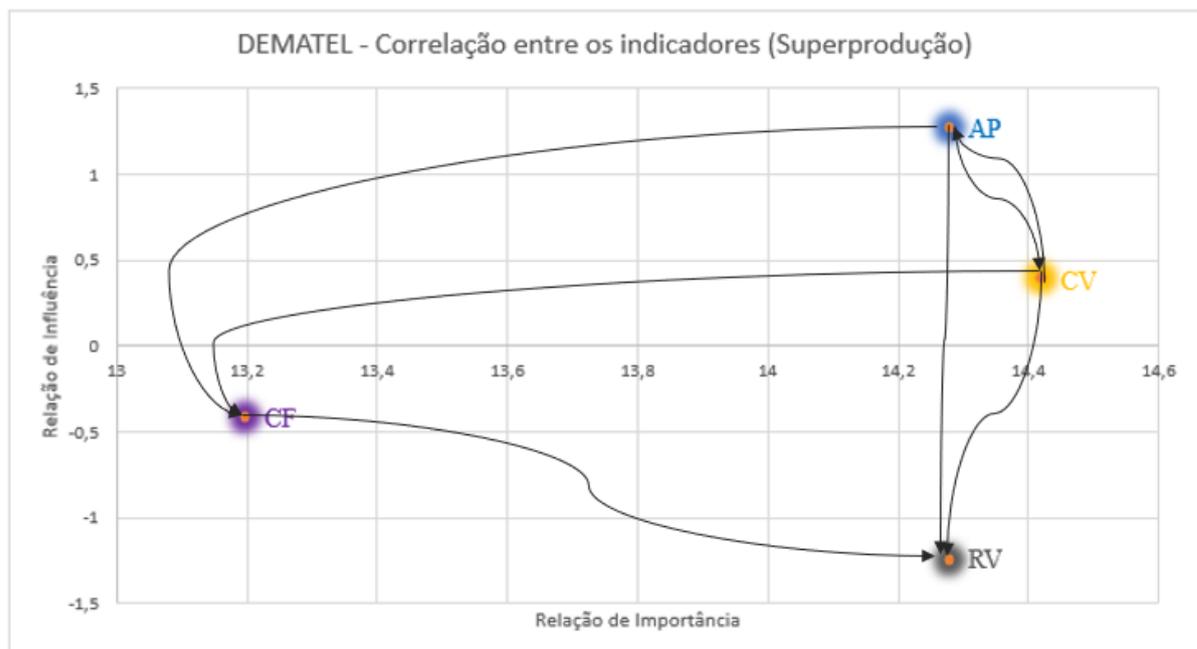
Processamento Inadequado: LT > TM > OFR > TE

Espera: CAF > TA > TC > MS

Movimentação Excessiva: SE > PT > TO > NET > ROI

É possível observar de maneira gráfica como as importâncias e influências dos critérios se comportam em um plano cartesiano. As figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24 mostram a correlação entre os indicadores para cada desperdício, demonstrados através de um diagrama de causa e efeito.

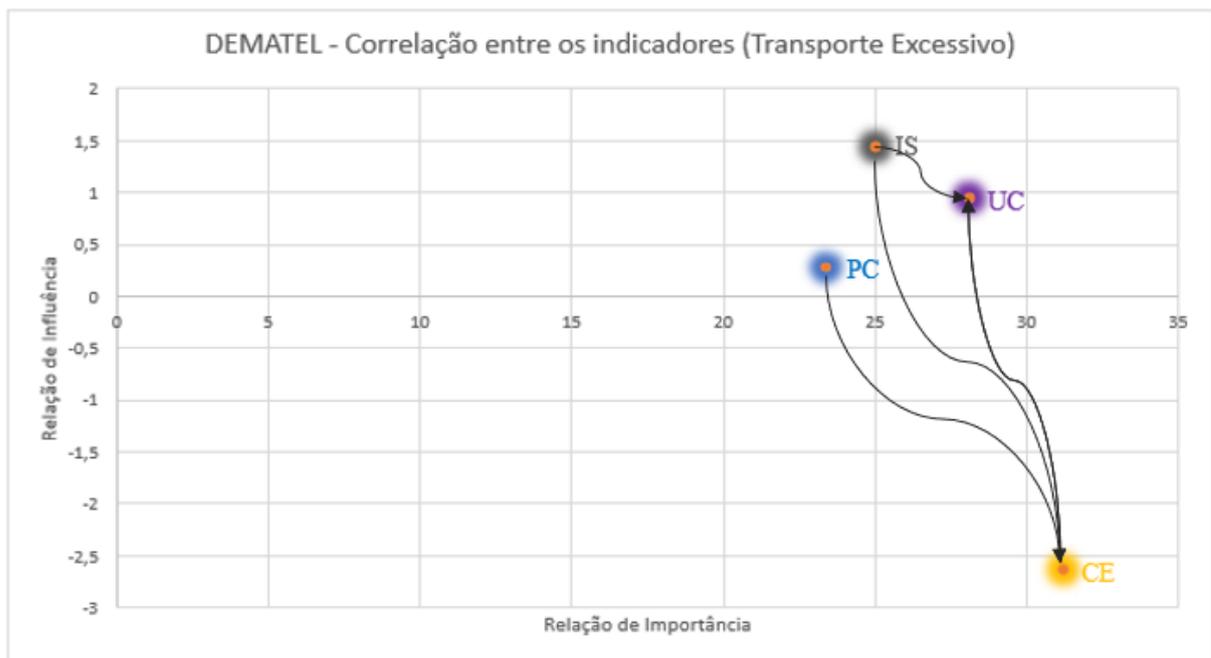
**FIGURA 18 – DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO DOS INDICADORES (SUPERPRODUÇÃO)**



Fonte: Elaboração Própria

Na figura 18, que apresenta o diagrama de causa e efeito dos indicadores agrupados no desperdício superprodução, é possível verificar a importância dada pelos tomadores de decisão para o indicador de Crescimento de Vendas revelando a importância que ele tem para aumento de ganhos financeiros e conseqüentemente na sustentação do negócio. Porém, observa-se que Acurácia do Planejamento se destaca como o indicador que exerce mais influência ante aos outros, apesar de sua relação de importância está em terceiro lugar no ranqueamento. Isso demonstra que deslocamentos entre o que é planejado para as linhas de produção e o que realmente é demanda “firme”, pode impactar em indicadores de vendas como o próprio crescimento de vendas e retorno de vendas, além de indicadores como custo fixo, já que a construção dos custos fixos dependem da previsibilidade e da assertividade da demanda ante ao que foi primariamente planejado para uma linha por exemplo.

**FIGURA 19 – DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO DOS INDICADORES (TRANSPORTE EXCESSIVO)**

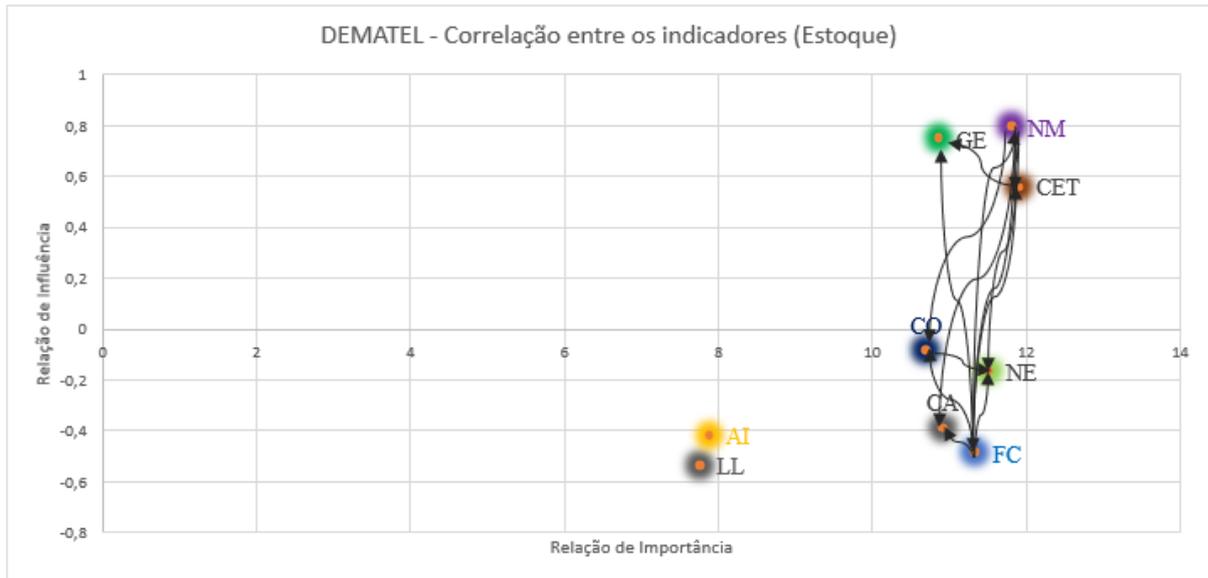


Fonte: Elaboração Própria

Na figura 19, observa-se no diagrama de causa e efeito do desperdício transporte excessivo, confiabilidade nas entregas como o indicador mais importante. A relação entrega e transporte é direta, e uma melhor assertividade nesse transporte minimiza a possibilidade de movimentação de cargas desnecessárias. Implementação de 5S é o indicador que mais influência os demais. O 5S por ser uma ferramenta que foca na limpeza e organização, traz ganhos e melhorias em leiaute por exemplo, sendo ferramenta base para a implementação do

*lean* em qualquer ambiente, corroborando assim a relevância dada pelos tomadores de decisão ante ao desperdício de transporte excessivo.

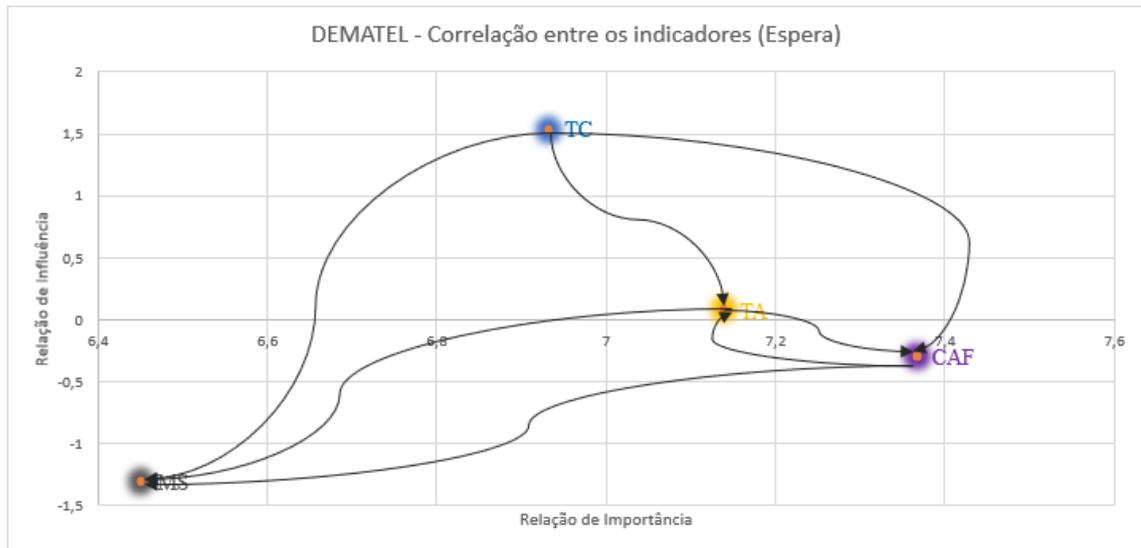
**FIGURA 20 – DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO DOS INDICADORES (ESTOQUE)**



Fonte: Elaboração Própria

Com 9 indicadores agrupados na etapa anterior, o desperdício estoque apresentado na figura 20, apresenta as principais medidas existentes para esse desperdício. Cobertura de estoque destaca-se como o indicador mais importante, já que mensura o nível de estoque de um dado momento relacionando com uma demanda em função de dias. A utilização desse indicador pode apresentar a saúde do meu estoque independente da demanda o mix produtivo. Além do próprio indicador de cobertura de estoque, nível médio de estoque e giro de estoque são os 3 indicadores que mais influenciam os demais. Nível médio estoque por estar relacionado ao recorte de um período pode trazer informações além de uma simples fotografia de um dado momento, enquanto o giro de estoque usa a mesma ideia da cobertura de estoque ao calcular os níveis de estoque em função de uma demanda. Esses pontos foram evidenciados pelos tomadores de decisão ao vermos os resultados dessa etapa.

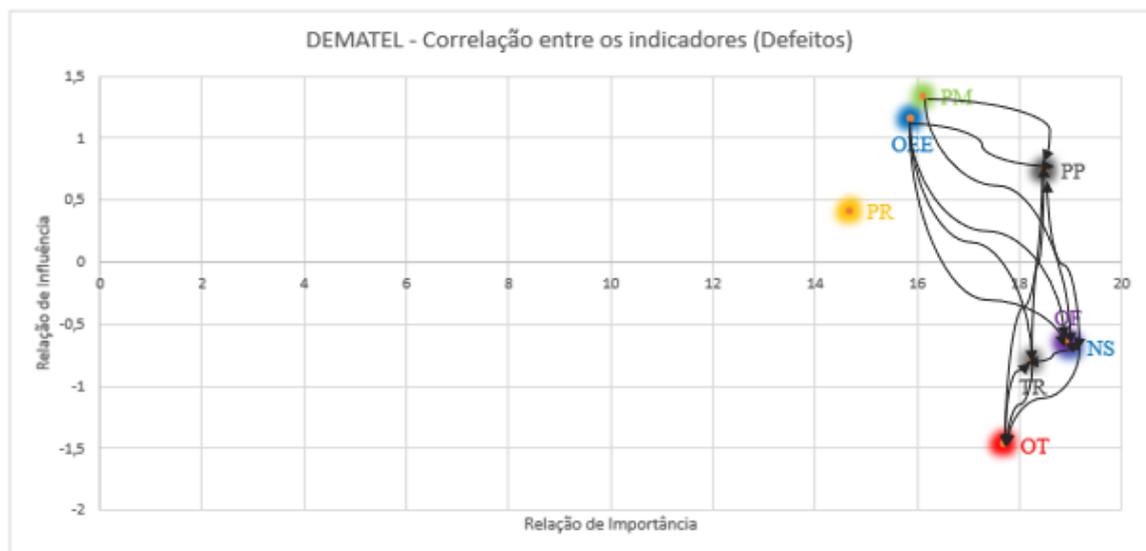
**FIGURA 21 – DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO DOS INDICADORES (ESPERA)**



Fonte: Elaboração Própria

Na figura 21, foram apresentadas as importâncias e as influências dos indicadores através do diagrama de causa e efeito do desperdício espera. Custos associados a falta de estoque de produtos acabados foi o indicador considerado como o importante de acordo com os tomadores de decisão utilizando a ferramenta DEMATEL. A falta de estoque acarreta não venda e conseqüentemente a não faturamento, métrica financeira importante e que sempre pondera as decisões dos tomadores de decisão.

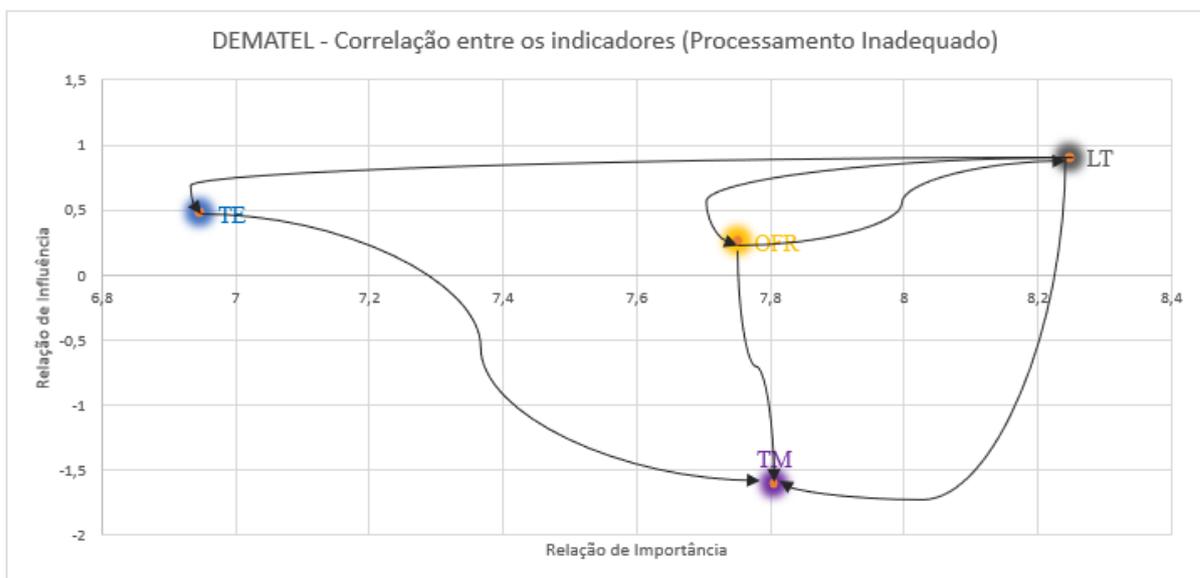
**FIGURA 22 – DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO DOS INDICADORES (DEFEITOS)**



Fonte: Elaboração Própria

Observa-se na figura 22 a importância dos indicadores em relação ao desperdício defeitos. Nível de serviço de entrega se mostrou como o indicador mais importante, seguido de *on time in full* e pedido perfeito. Os 3 indicadores avaliam de forma direta o atendimento ao cliente considerando a entrega do produto em “mãos”. Nível de serviço de entrega apresentou uma importância maior ante aos outros pelo entendimento dos tomadores de decisão que esse indicador tem uma abrangência maior no sentido de avaliar o processo real de entrega. Já considerando a influência entre os indicadores, % de produtos remanufaturados se mostrou o indicador que mais influencia os demais, apesar de baixo nível de importância em comparação aos outros. Ao considerar os defeitos propriamente dito, a relação com indicador % de produtos remanufaturados é direta, já que a remanufatura de um produto é necessária quando esse sofre algum defeito ou problema técnico.

**FIGURA 23 – DIAGRAMA DE CAUSA EFEITOS DOS INDICADORES (PROCESSAMENTO INADEQUADO)**



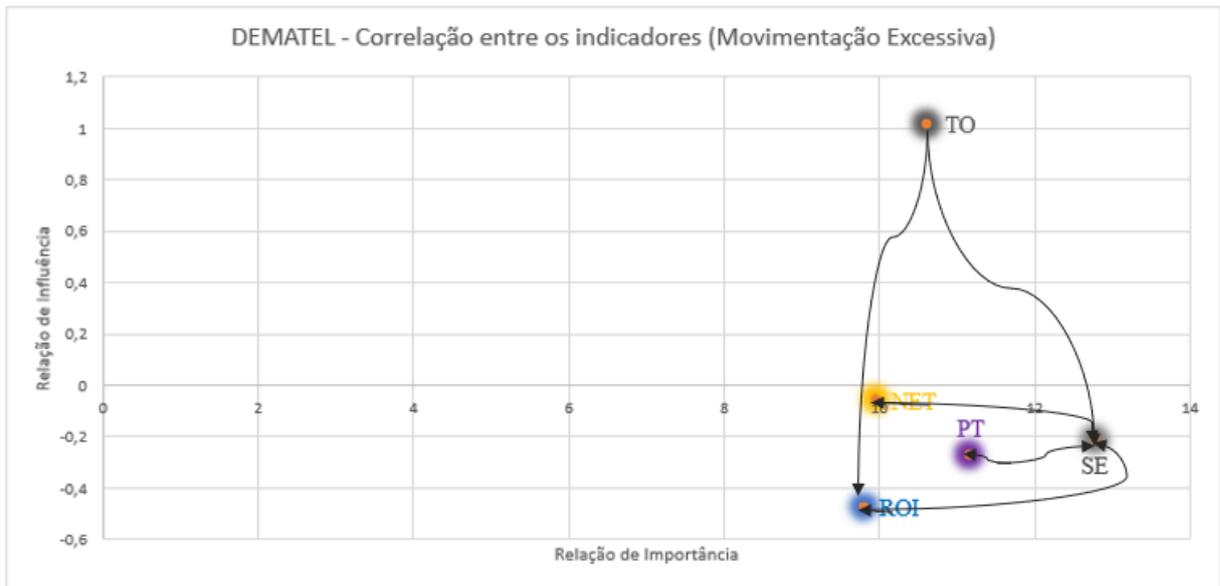
Fonte: Elaboração Própria

*Lead time* de fabricação foi o indicador mais importante considerado no diagrama de causa e efeito do desperdício processamento inadequado apresentado na figura 23. Esse indicador mensura o tempo de fabricação de dado item ao passo que o desperdício considera se há etapas desnecessárias na fabricação de um produto. A relação direta entre etapas e tempo da produção de um produto deixa claro a aderência desse indicador para medir esse desperdício.

Finalizando os diagramas de causa e efeito, a figura 24 apresenta esse diagrama do

desperdício movimentação excessiva. Satisfação dos empregados foi o indicador mais importante de acordo com a ferramenta e a opinião dos tomadores de decisão. Movimentação excessiva está associada a movimentação desnecessária dos funcionários, o que pode implicar em um ambiente de insatisfação desses trabalhadores. Ao poder mensurar essa satisfação, é possível associar a pontos como estes.

**FIGURA 24 – DIAGRAMA DE CAUSA EFEITOS DOS INDICADORES (MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA)**



Fonte: Elaboração Própria

Nas figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24 é possível observar os indicadores mais importantes por desperdício, além de ser possível avaliar quais estão no grupo de causas e quais estão no grupo de efeitos. No Apêndice E são apresentadas as tabelas com as respectivas médias das matrizes de relação total, no qual foram considerados os valores limiaries para a relação de causa e efeito.

Como produto da etapa 3 o DEMATEL permitiu identificar os 7 indicadores mais importantes para cada desperdício pré-agrupado. A lista com os 7 indicadores é utilizada na próxima etapa como alternativas na utilização do método AHP, objetivando a priorização dos indicadores de acordo com as perspectivas do BSC. A tabela 22 traz a cesta de KPIs, que considerou os indicadores com os maiores ( $D_i + R_i$ ) por desperdício, além do ranqueamento dos desperdícios apresentados na tabela 6.

**TABELA 22 – LISTA FINAL DE INDICADORES E DESPERDÍCIOS RANQUEADOS**

Correlação	Siglas	Di	Ri	Di+Ri	Di-Ri	Rank
SUPERPRODUÇÃO		3,073	1,981	5,054	1,092	1°
Crescimento de vendas	CV	7,402	7,019	14,421	0,383	1°
DEFEITOS		2,692	2,316	5,009	0,376	2°
Nível de serviço de entrega	NS	9,168	9,86	19,028	-0,692	1°
ESTOQUE		2,259	2,636	4,895	-0,378	3°
Cobertura de estoque	CET	6,236	5,678	11,913	0,558	1°
TRANSPORTE EXCESSIVO		2,092	2,546	4,638	-0,453	4°
Confiabilidade nas entregas	CE	14,274	16,92	31,194	-2,646	1°
PROCESSAMENTO INADEQUADO		2,406	1,591	3,997	0,815	5°
Lead Time de Fabricação	LT	4,572	3,677	8,25	0,895	1°
ESPERA		1,465	2,237	3,703	-0,772	6°
Custos associados a falta de estoque de prod. acab.	CAF	3,534	3,832	7,366	-0,298	1°
MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA		1,476	2,156	3,632	-0,68	7°
Satisfação dos empregados	SE	6,279	6,489	12,768	-0,209	1°

Fonte: Elaboração Própria

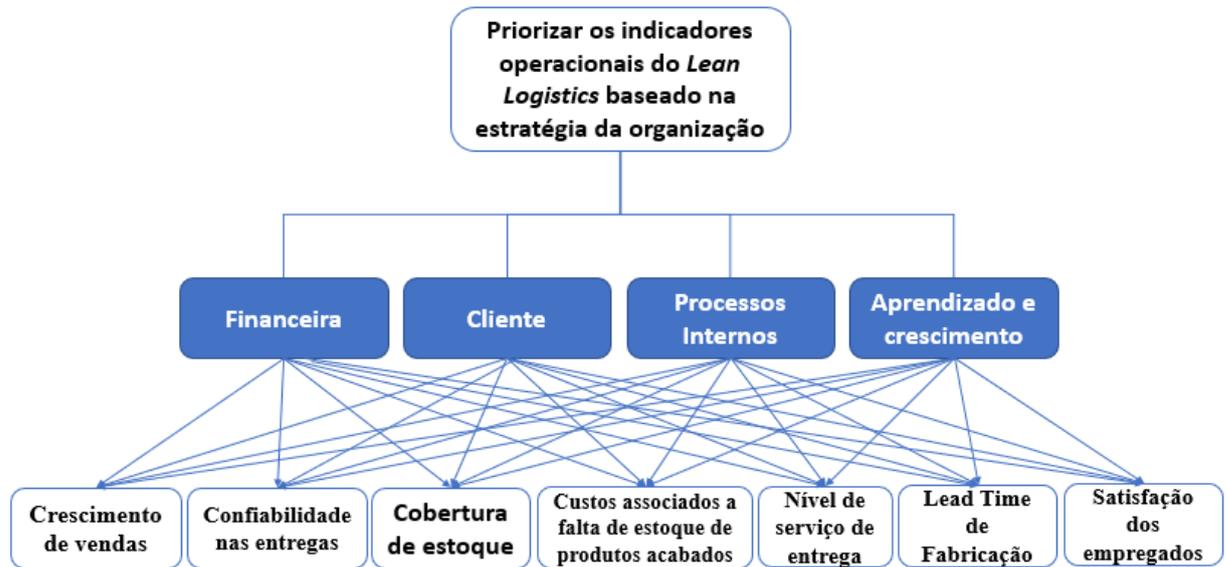
A escolha por selecionar os indicadores mais importantes por desperdício visa garantir que a lista final de indicadores, que será utilizada na última etapa de tomada de decisão, tenha ao menos um indicador relacionado para cada desperdício, mantendo assim a estratégia da dissertação em prover um modelo de seleção e priorização de indicadores para a cobertura dos 7 desperdícios do *lean logistics*.

#### 4.4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA ETAPA 4 – AHP

A quarta etapa descreve o desenvolvimento do modelo AHP, primeiramente considerando a identificação e estruturação da hierarquia de decisão, e posteriormente seguindo as etapas sequenciais do modelo AHP apresentadas na figura 13.

A figura 25 apresenta a hierarquia de decisão, bem como o objetivo, critérios e alternativas que foram apresentadas aos tomadores de decisão para o julgamento par a par.

**FIGURA 25 – HIERÁRQUIA DE DECISÃO PARA RANQUEAMENTO DOS INDICADORES NAS PERSPECTIVAS DO BSC**



Fonte: Elaboração Própria

Após a apresentação da árvore de decisão e do objetivo proposto, foi enviado aos tomadores de decisão, via e-mail, as tabelas para preenchimento dos julgamentos. No Apêndice C é possível verificar o material enviado aos tomadores de decisão enquanto no Apêndice F são apresentadas as devolutivas por parte dos entrevistados.

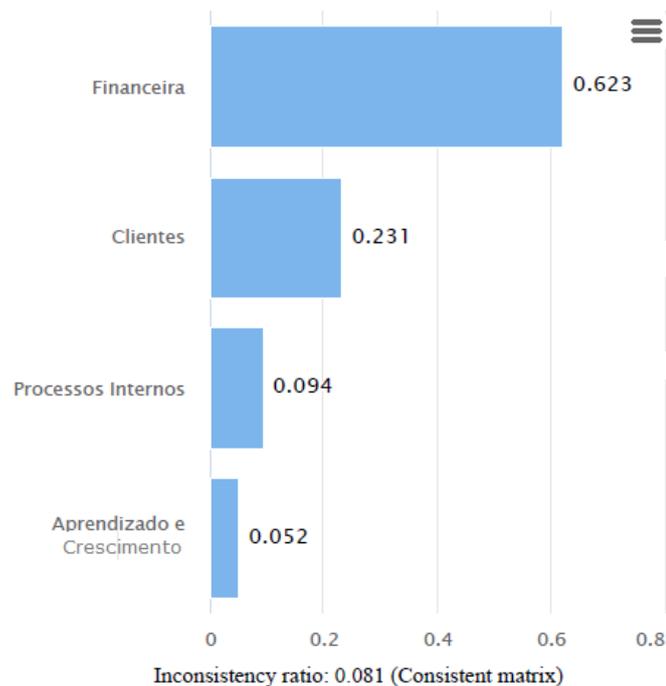
Foi utilizada a média aritmética dos 3 entrevistados para compor as matrizes de julgamentos, que posteriormente foram utilizadas para rodar o modelo AHP.

Neste primeiro julgamento, todas as matrizes demonstraram-se inconsistentes, sendo os resultados dessas matrizes juntamente com os gráficos apresentados no apêndice G. Esses julgamentos foram reavaliados posteriormente na etapa de análise de sensibilidade, onde tais resultados foram discutidos com os tomadores de decisão visando o afinamento dos julgamentos e a consistência das respostas através dos índices de consistência apresentados por Saaty (1991). De acordo com Goodwin e Wright (2005) e Saaty (1990) é necessário realizar um rejuízo das opções a fim de garantir consistência entre as comparações. Esses rejuízos são apresentados na seção 4.5.

#### 4.5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E REDISCUSSÃO DOS RESULTADOS COM OS TOMADORES DE DECISÃO

Com o intuito de reavaliar os resultados com os tomadores de decisão e verificar as inconsistências das matrizes, foi realizada uma nova rodada de julgamentos a fim de apresentar e verificar diferentes comportamentos de escolhas com os tomadores de decisão. Essa etapa visa obter a lista final de indicadores ranqueados, validada pelos participantes da pesquisa. O apêndice G apresenta as tabelas com os rejujamentos, por parte dos tomadores de decisão baseados na escala numérica de Saaty. A figura 26 apresenta o ranqueamento das quatro perspectivas após a nova rodada de julgamentos.

**FIGURA 26 – RANQUEAMENTO DAS PERSPECTIVAS EM FUNÇÃO DO OBJETIVO (REJULGAMENTO)**

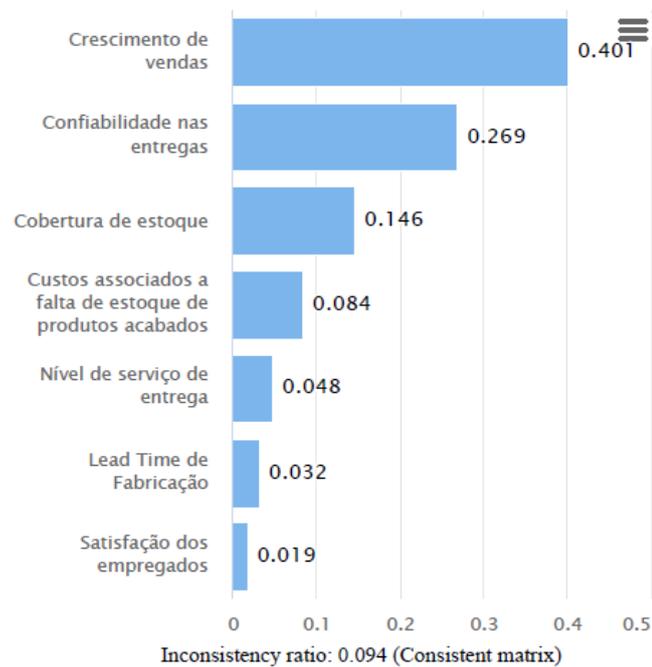


Fonte: Elaboração própria através do software OnlineOutput

A figura 26 apresenta o ranqueamento dos critérios (perspectivas) em função do rejujamento dos tomadores de decisão. A perspectiva financeira se apresenta como o critério mais importante considerando os julgamentos dos entrevistados, seguido das perspectivas dos clientes, dos processos internos e por fim, de aprendizado e crescimento.

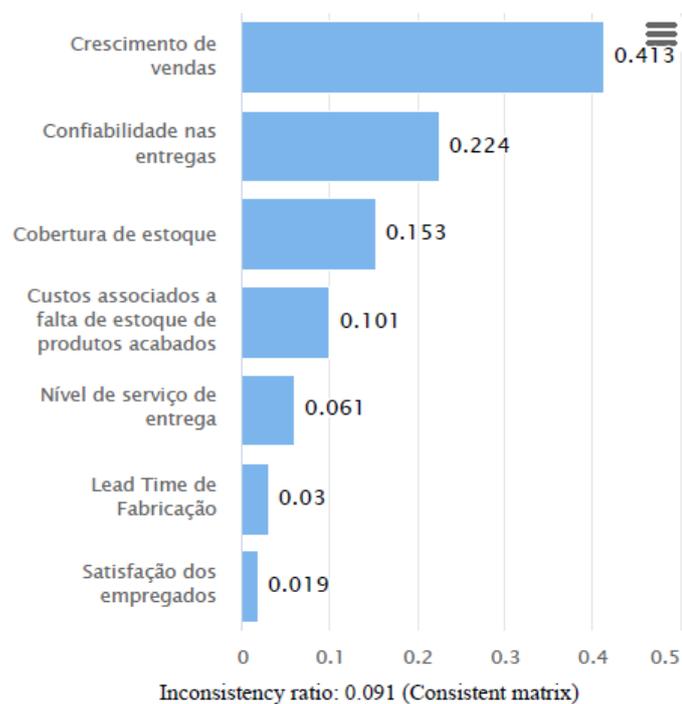
As figuras 27, 28, 29 e 30 apresentam os novos ranqueamentos dos indicadores em função de cada perspectiva de forma gráfica.

**FIGURA 27 – RANQUEAMENTO DOS INDICADORES EM FUNÇÃO DA PERSPECTIVA FINANCEIRA (REJULGAMENTO)**



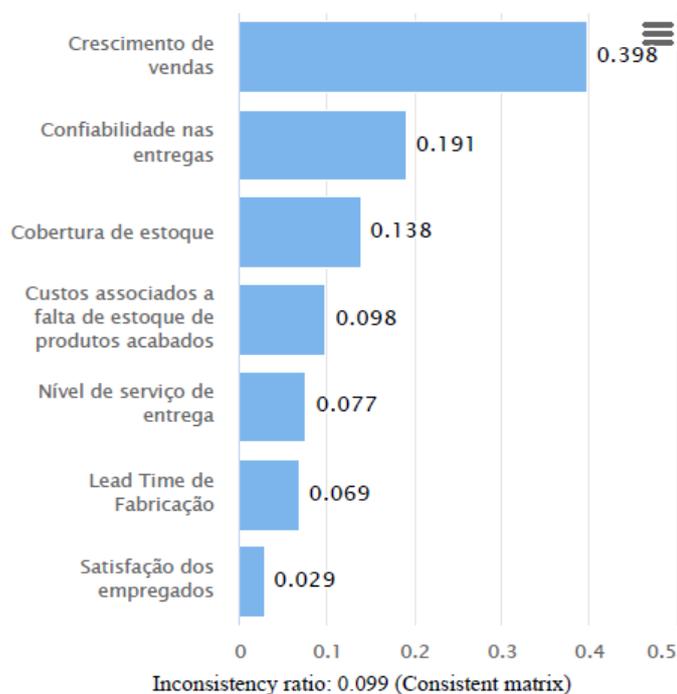
Fonte: Elaboração própria através do software OnlineOutput

**FIGURA 28 – RANQUEAMENTO DOS INDICADORES EM FUNÇÃO DA PERSPECTIVA DOS CLIENTES (REJULGAMENTO)**



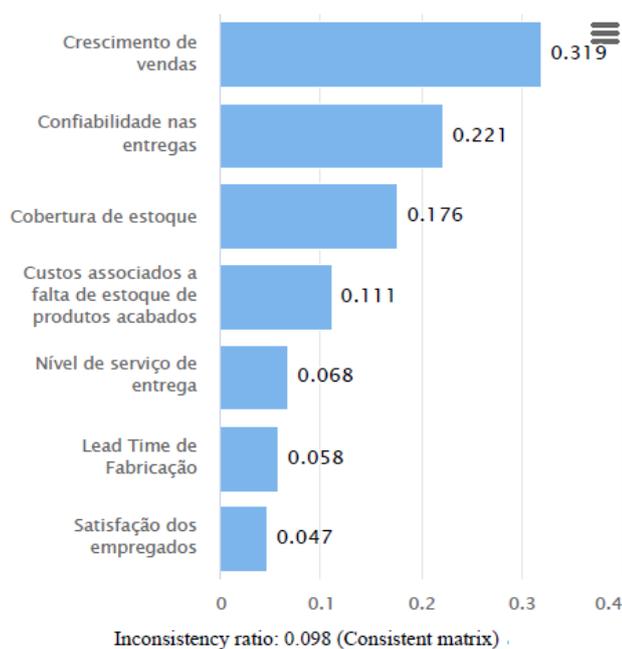
Fonte: Elaboração própria através do software OnlineOutput

**FIGURA 29 – RANQUEAMENTO DOS INDICADORES EM FUNÇÃO DA PERSPECTIVA DOS PROCESSOS INTERNOS (REJULGAMENTO)**



Fonte: Elaboração própria através do software OnlineOutput

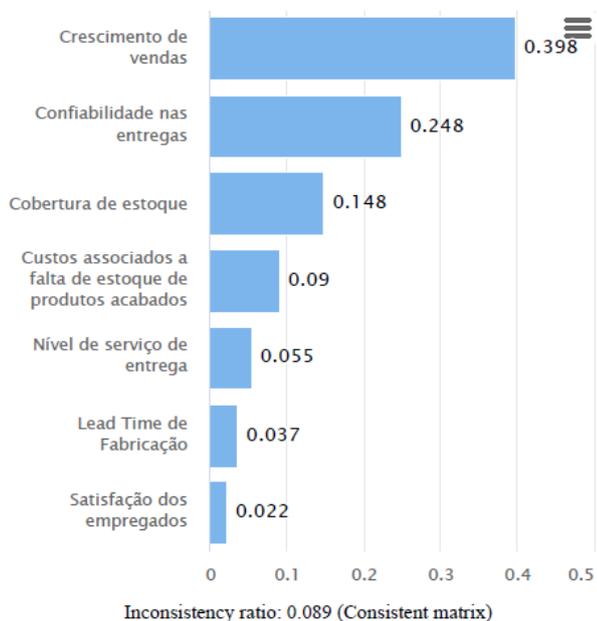
**FIGURA 30 – RANQUEAMENTO DOS INDICADORES EM FUNÇÃO DA PERSPECTIVA DE APRENDIZADO E CRESCIMENTO (REJULGAMENTO)**



Fonte: Elaboração própria através do software OnlineOutput

A figura 31 apresenta a matriz de ranqueamento final do modelo, trazendo os indicadores priorizados com seus respectivos pesos dentro de uma lista crescente.

**FIGURA 31 –RANQUEAMENTO DOS INDICADORES EM FUNÇÃO DO OBJETIVO GERAL DO MODELO (REJULGAMENTO)**



Fonte: Elaboração própria através do software OnlineOutput

A lista final com os pesos das perspectivas e dos indicadores trouxe o ranqueamento final dos indicadores, ordenando os indicadores mais importantes baseados no rejulgamento dos tomadores de decisão (figura 31). Os resultados do modelo trouxeram os indicadores priorizados baseados na estratégia da organização. Crescimento de Vendas foi considerado o indicador mais importante, seguido de confiabilidade nas entregas, cobertura de estoque, custos associados à falta de estoque de produtos acabados, nível de serviço de entrega, *Lead Time* de fabricação e satisfação dos empregados. Crescimento de Vendas, por estar atrelado diretamente a ganhos financeiros, se sobressaiu ante aos demais indicadores, mesmo em função de outras perspectivas, demonstrando a importância de se avaliar constantemente como a organização ganha mercado e conseqüentemente aumenta os seus lucros através do aumento de vendas.

O ranqueamento fornece as informações para a priorização na implementação dos indicadores, trazendo para a organização um procedimento estruturado para auxiliar nas tomadas de decisão que se referem a construção e definição de cestas de indicadores para o monitoramento dos processos dentro do *lean logistics*.

A proposta do modelo desenvolvida nesse trabalho traz alguns pontos diferentes em relação à base da literatura estudada no decorrer da dissertação. A junção de duas ferramentas em etapas distintas para auxiliar a tomada de decisão se mostrou interessante ao mesmo tempo que tornou mais clara as suas vantagens e desvantagens assim como a duas estruturas nas quais os indicadores foram agrupados e ranqueados: os sete desperdícios do *lean logistics* e as perspectivas do BSC. Ante et al. (2018) e Tong, Xiao e Li (2015), propuseram estudos relacionando indicadores do *lean logistics* e BSC mas sem associar a métodos de apoio à decisão, enquanto Kucukaltan, Irani e Aktas (2016) utilizaram o método ANP para selecionar e priorizar indicadores logísticos gerais. O recorte de indicadores operacionais associados ao *lean logistics* ranqueados com a visão estratégica das perspectivas do BSC e sendo apoiado por ferramentas de apoio à decisão, contribui de forma acadêmica para a resolução de problemas em que há a necessidade de auxílio para definir um conjunto de indicadores dentro deste recorte, além de ser possível a generalização da proposta do modelo em outras estruturas além do *lean logistics* e/ou do *balanced scorecard*.

Do ponto de vista prático, os sete indicadores finais selecionados e ranqueados cobrem os desperdícios que precisam ser monitorados. Verificou-se que os KPIs são mais direcionados para a perspectiva financeira, confirmando que o impacto financeiro dentro do negócio é algo sempre destacado na visão estratégica das organizações. Gerir esse conjunto de indicadores, é factível dentro da organização avaliada e corrobora para uma visão enxuta das métricas de medição. Os sete indicadores convergiram para a expectativa que os tomadores tinham em relação à lista inicial de indicadores, e as discussões posteriores ao resultado demonstraram a aderência desses indicadores em relação aos exemplos da própria organização estudada.

## 5 CONCLUSÕES

O objetivo geral proposto na dissertação considerou o desenvolvimento de um modelo para a seleção e definição de um conjunto de indicadores, necessários à mensuração dos 7 desperdícios do *lean logistics*, priorizados pela estratégia da organização baseada nas 4 perspectivas do BSC. O objetivo foi alcançado ao considerar que os 7 indicadores finais selecionados, estão de fato associados as práticas do *lean logistics* e que a sua priorização está aderente à relevância estratégica da organização vista pelos tomadores de decisão.

Dentre os objetivos específicos, foi possível verificar como o desdobramento da estratégia da organização influenciou na definição e priorização dos indicadores operacionais mais próximos de métricas financeiras, sendo esse conjunto final aderente as estratégias que visam expor os impactos financeiros mesmo em áreas mais operacionais.

Como ponto positivo, foi possível identificar um conjunto enxuto de indicadores, e em uma quantidade adequada quando se compara com o conjunto de indicadores originalmente utilizados na própria organização. Porém é possível verificar que se houver necessidade de implementar esse conjunto de indicadores de forma parcial, possivelmente desperdícios serão descobertos.

O uso de processos apoiadores para tomada de decisão como o método DEMATEL e AHP, suportaram a aplicação em um estudo de caso real, transcrevendo e tratando as opiniões dos participantes de acordo com as premissas que o modelo definia. Verificou-se ao final, que ao utilizar a combinação de duas ferramentas estruturadas, minimizou-se algumas desvantagens em relação à execução da ferramenta, orientando a aplicação de cada ferramenta na etapa em que ela melhor se encaixava.

É possível concluir que a proposta pode ser utilizada em organizações que visam definir cestas de indicadores operacionais alinhados à estratégia da organização, sendo que neste caso, o direcionador para a seleção a nível operacional considerou o *lean logistics* objetivando o controle dos 7 desperdícios, enquanto do ponto de vista estratégico as perspectivas do BSC suportaram a priorização dos indicadores pré-selecionados.

As entrevistas e questionários com os especialistas e tomadores de decisão indicaram que no estudo de caso existem outros fatores para determinar os indicadores. A influência de outras áreas além das operacionais contribui para o conjunto de indicadores que são realmente aplicados na organização. Tanto os especialistas quanto os tomadores de decisão focaram em indicadores que pudessem traduzir os aspectos financeiros, ao mesmo tempo que ficou clara a influência da superprodução ante aos outros desperdícios, amplificando os efeitos dos demais

desperdícios. Do ponto de vista estratégico, a perspectiva financeira também foi considerada como o principal direcionador para ranquear os indicadores, demonstrando o principal viés das organizações quanto aos resultados financeiros.

As entrevistas e questionários com os especialistas e tomadores de decisão e a utilização dos métodos de auxílio à decisão trouxeram um resultado adequado e aplicável no estudo de caso. Os 7 indicadores podem ser priorizados e aplicados dentro da organização na qual o estudo de caso foi aplicado, e também em empresas que consideram hoje a metodologia *Lean* como o suporte de melhoria contínua para os seus processos logísticos, além da influência na estratégia da organização demonstrado no ranqueamento final no modelo AHP.

A contribuição acadêmica deste trabalho se dá através do conjunto inicial de indicadores levantados na revisão da literatura, do modelo desenvolvido em si que considerou a utilização em conjunto de duas ferramentas de apoio à decisão e da integração da visão operacional e estratégica dentro do modelo. A utilização das visões operacionais e estratégicas pôde aprofundar os conceitos sobre operações logísticas e sua busca por metodologias enxutas, indicadores operacionais e a estrutura de desdobramento de objetivos estratégicos que o *Balanced Scorecard* pode trazer.

Considerando a prática executada nessa dissertação, o estudo de caso demonstrou a aplicabilidade dos resultados apresentados para auxiliar tomadores de decisões no que tange a seleção e posterior utilização de indicadores operacionais. Embora no estudo de caso a organização utilize uma cesta de indicadores escolhidas através do *benchmarking* de empresas do mesmo ramo, o resultado final apresentado aos participantes foi recebido com boas críticas, demonstrando que tanto o modelo de auxílio de decisão para a seleção e priorização quanto os indicadores finais, poderiam ser utilizados para abordar o *lean logistic* e as orientações estratégicas da companhia.

A utilização conjunta dos métodos DEMATEL e AHP contribuíram para o alcance dos objetivos esperados em linha ao foco inicial da pesquisa. A utilização do DEMATEL para avaliar as influências e importância entre os desperdícios e indicadores e posteriormente o uso do AHP para o ranqueamento demonstrou a aplicabilidade desses métodos para problemas em que é necessário comparações de critérios e alternativas. No entanto, foi evidenciado dificuldades nas abordagens com os tomadores de decisão a respeito do método, sendo necessário pré-alinhamentos e nivelamento do conhecimento em relação as ferramentas.

Em relação as limitações dessa pesquisa, é possível concluir que a quantidade limitada de entrevistados além dos seus perfis serem majoritariamente profissionais desenvolvidos “em casa” pôde trazer julgamentos muito próximos, restringindo uma visão mais ampla sobre o

estudo de caso. Apesar do estudo de caso único ter apresentado a possibilidade de se utilizar a estrutura proposta e sua proveniente generalização, a concentração em tomadores de decisão das áreas de produção e logística pode ter influenciado os resultados a indicadores mais próximos da sua realidade operacional.

Outro ponto em relação às limitações encontradas é na etapa 4, que através do método AHP ranqueou os indicadores finais, e mostrou o direcionamento de todos os tomadores de decisão para as perspectivas financeiras e indicadores que gerenciam estoques visando o atendimento ao cliente. A presença de tomadores de decisão com diferentes perfis e com responsabilidade em outras etapas da cadeia, poderia complementar os julgamentos deixando as escolhas mais robustas.

Em relação as ferramentas utilizadas, tanto o DEMATEL quanto o AHP demonstraram a sua aplicabilidade nas etapas que foram utilizadas, embora o desconhecimento desses métodos pelos entrevistados tenham causado certas dúvidas inicialmente, e que porventura poderia comprometer a qualidade dos julgamentos. Como medida para reduzir esses possíveis desvios, foi necessário a apresentação do método, utilizando bibliografias, artigos e exemplos de aplicação.

No decorrer do desenvolvimento da dissertação, observou-se oportunidades para futuros trabalhos dentro dessa linha de pesquisa:

- A utilização do próprio método DEMATEL para a associação dos indicadores aos desperdícios, poderia contribuir para um melhor refinamento no agrupamento, estruturando de uma maneira mais formal a relação entre indicador versus desperdícios.
- Ampliar a quantidade de tomadores de decisão que participaram dos julgamentos nos dois métodos utilizados, cobrindo perfis diferentes.
- Reavaliar a utilização de outros métodos multicritérios de apoio à decisão para a aplicação em estudos de caso.
- Realizar a pesquisa em organizações que utilizam outros métodos de gestão operacional e de desdobramento estratégico, bem como avaliar novos critérios para a priorização dos indicadores finais além das perspectivas do BSC.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, B.; PETRI, M.; MAROSTICA, J. O Processo de Implantação do Balanced Scorecard na Gestão Estratégica de uma Pequena Empresa Prestadora de Serviços, **Revista eletrônica do Alto Vale do Itajaí**, 2016.
- AMRAN, T.; YOSE, M. Design Logistics performance measurement model of automotive component industry for strengthening competitiveness of dealing AEC 2015. **IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering**, 2018.
- ANTE, G.; FACCHINI, F.; MOSSA, G.; DIGIESI, S. Developing a key performance indicators tree for lean and smart production systems. **IFAC – Papers Online**, 2018.
- BAI, C.; SARKIS, J. Determining and applying sustainable supplier key performance indicators. **Supply Chain Management**, Vol. 19 No. 3, pp. 275-291, 2014.
- BANA, C.; VANSNICK, J. Une critique de base de l'approche de Saaty: mise en question de la méthode de la valeur propre maximale. **Cahier du Lamsade**, Université Paris-Dauphine, 2001.
- BAKER, P. Aligning distribution center operations to supply chain strategy. **International Journal of Logistics Management**, Bingley, v. 15, p. 111-123, 2004.
- BAKER, P. The design and operation of distribution centers within agile supply chains, **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 111, p. 27-41, 2008.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BALLOU, R. H. **Logística empresarial**. Rio de Janeiro: Atlas, 2009.
- BALLOU, R. H. The Evolution and future of logistics and supply chain management. **Produção**, [S.l.], v. 16, p. 375-386, 2006.
- BANDEIRA, D. L., BECKER, J. L., & ROCHA, A. K. Sistemática multicritério para priorização de embarques marítimos. RAM. **Revista de Administração Mackenzie**, 11(6), 107-130, 2010.
- BARBOSA, D. H.; MUSETTI, M. A.; KUMUROTO, J. S. Sistema de medição de desempenho e a definição de indicadores de desempenho para a área de logística. In: **Simpósio de Engenharia de Produção, XIII**, 2006, Bauru. Anais. Bauru: SIMPEP, 2006.
- BELTON, V.; GEAR, A. On a Short-coming of Saaty's Method of Analytic Hierarchies. **Omega**, Vol. 11, No. 3, pp. 226-330, 1982.
- BELTON, V.; STEWART, T. J. Multiple Criteria Decision Analysis: An integrated approach. **Norwell: Kluwer Academic Publishers**, p. 13-159, 2002.

BENTES, A. V.; CARNEIRO, J.; DA SILVA, J. F.; KIMURA, H. Multidimensional assessment of organizational performance: Integrating BSC and AHP. **Journal of Business Research**, v. 65, p. 1.790-1.799, 2012.

BERTAGLIA, PAULO ROBERTO. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento**. 2. Ed. rev e atual. São Paulo: Saraiva, 2009.

BEZERRA, F. Planejamento Estratégico, Tático e Operacional. **Portal Administração**. Disponível em: <http://www.portal-administracao.com/2014/07/planejamento-estrategico-tatico-operacional.html>. Acesso em 04 mai 2020.

BHADANI, K.; ASBJORNSSON, G.; HULTHÉN, E.; EVERTSSON, M. Development and implementation of key performance indicators for aggregate production using dynamic simulation. **Minerals Engineering**, 2010.

BHAMU, J.; SINGH, K. Lean manufacturing: literature review and research issues. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 34, n. 7, p. 876–940, 2014.

BORNIA, Antonio Cezar; WERNKE, Rodney. A contabilidade gerencial e os métodos multicriteriais. **Revista Contabilidade & Finanças**. FIPECAPÍ – FEA – USP. v.14, n. 25, p. 60- 71, jan./abr, 2001.

BOTTINO, A. A. Viabilidade de utilização de operadores logísticos civis pela Força Terrestre, na execução das funções logísticas de transporte e suprimento, em operações. **PADECEME Online**, Rio de Janeiro, Brasil, v. 20, n. 1, 2009.

BOWERSOX, D.J.; CLOSS, D.J.; COOPER, M. B. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. Porto Alegre. Editora Bookman, 2006.

BOWERSOX, DONALD J.; CLOSS, DAVID, J.; COOPER, M. BIXBY.; BOWERSOX, JOHN, C. **Gestão Logística da Cadeia de Suprimentos**. Porto Alegre: AMGH, 2014.

BRADSTTAW, J. M.; BOOSE, J. H. Decision analysis techniques for knowledge acquisition: combining information and preferences using Aquinas and Axotl. Int. J. **Man-Machine Studies**, v. 32, p. 121-186, 1990.

CACHOLA, G.F.C. (2014). **Um sistema de avaliação de desempenho logístico na Delta Cafés: caso de estudo**. Disponível em:[https://run.unl.pt/bitstream/10362/14054/1/Cachola\\_2014.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/14054/1/Cachola_2014.pdf), Acesso em 06 mai 2020.

CAMBOIM, V; AZEVEDO L.; MACÊDO S.; QUEIROZ J.; QUEIROZ, F. Diagnóstico para implantação do balanced scorecard: um estudo de caso em uma empresa de pequeno porte, **REBRAE**, 2011.

CAMPOS, L.; HEIZEN, D.; VERDINELLI, M.; CAUCHICK, P. Environmental performance indicators: a study on ISO 14001 certified companies. **Journal of Cleaner Production**, 99, 286-296, 2015.

CARLUCCI, D. Evaluating and selecting key performance indicators: an ANP-based model", **Measuring Business Excellence**, Vol. 14 No. 2, pp. 66-76, 2010.

CARVALHO, C., GUEDES, A., ARANTES, A., MARTINS, A., PÓVOA, A., LUÍS, C., Ramos, T. **Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento** (SÍLABO ed.). Lisboa, 2010.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**, 2ed, Rio de Janeiro: Campus, 2012.

CHRISTOPHER, M. **Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-adding networks** (P. Hall Ed.). Harlow, 2005.

CLARKE, M., OXMAN A. **Cochrane Reviewers' Handbook 4.1.4 [updated October 2001]**, **The Cochrane Library**, Oxford, 2001.

CHANG, B.; CHANG, C.; WU, C. Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 3, p. 1850-1858, 2011.

CHORFI, Z.; BERRADO, A.; BENABBOU, L. Selection of Key Performance Indicators for Supply Chain monitoring using MCDA. **10th International Conference on Intelligent Systems: Theories and Applications (SITA)**, Rabat, 2015.

COLSON, G.; BRUYN, C de. Models and methods in multiple objectives decision-making. **Mathematical, Computing and Modelling**, Oxford, Vol. 12, n. 10-11, p 1201-1211, 1989.

CORRÊA, H. L. **Administração de cadeias de suprimentos e logística: O essencial**. São Paulo: Atlas, 2014.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços, uma abordagem estratégica**. 3 ed. São Paula: Atlas, 2012

COSTA, H. G. **Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão**. Niterói: H.G.C., 2002.

DASGUPTA, S.; KANCHAN, S.; KUNDUN, T. Creating a KPI Tree for Monitoring and Controlling Key Business Objectives of First Mile Logistics Services. **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, Bangkok, Thailand, March 5-7, 2019.

DENYER, D.; TRANFIELD, D. Producing a systematic review. In: BUCHANAN, D. A.; BRYMAN, A. (ed.). **The Sage handbook of organizational research methods**. Thousand Oaks: Sage Publications, p. 671-689, 2009.

DENG, D.; WEN, S.; CHEN, F. H.; LIN, S. L. A hybrid Multiple Criteria Decision-Making model of sustainability performance evaluation for Taiwanese Certified Public Accountant Firms. **Journal of Cleaner Production**, 180, 603-616, 2018.

DIONÍSIO, M. N. **A importância da implementação da gestão e metodologia Lean num operador logístico**. Dissertação (Mestrado em Ciências Empresariais, ramo Gestão Logística) - Escola Superior de Ciências Empresariais. IPS. Setúbal, 2013.

DOTOLI, M.; EPICOCO, N.; FALAGARIO, M.; SCIANCALPORE, F. A cross efficiency fuzzy Data Envelopment Analysis technique for performance evaluation of decision making units under uncertainty. **Computers and Industrial Engineering**, 2014.

DYER, J.; RAVINDER, H. Irrelevant Alternatives and the Analytic Hierarchy Process, **Working Paper**. The University of Texas: Austin, 1983.

DYER, J. Remarks on the Analytic Hierarchy Process. **Journal of the Institute of Management Sciences**, Vol. 36, No. 3, pp. 249-258, 1990.

EDWARDS, W.; BARRON, F. SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, 1994.

FARIA, A. C.; COSTA, M. F. G. **Gestão de custos logísticos**. São Paulo: Atlas, 431 p, 2009.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. Boston: Springer, 2005.

FLYNN, B.B.; SAKAKIBARA, S.; SCHROEDER, R.G.; BATES, K.A.; FLYNN, E.J. Empirical Research Methods in Operations Management. **Journal of Operations Management**, v. 9, n. 2, p. 250-284, 1990.

GABUS, A.; FONTELA, E. World problems, an invitation to further thought within the framework of DEMATEL. **Battelle Geneva Research Centre**, Switzerland, Geneva, 1972.

GIL, A. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed., São Paulo: Atlas, 175 p., 2002.

GODOY, A.S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresa**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GOODWIN, Paul; WRIGHT, George. **Decision Analysis for Management Judgment**, 2. ed. Nova York: Wiley, 2000.

GOODWIN, Paul; WRIGHT, George. **Decision Analysis for Management Judgment**. 3. ed. Chichester. John Wiley & Sons, Ltd. 2005.

GOMES, L.; ARAYA, M.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos – introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

GOMES, L.; ARAYA, M.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GOMES, L.; GOMES, C.; ALMEIDA, A. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, L., MOREIRA, ANTONIO, M. Da informação à tomada de decisão: agregando valor através dos métodos multicritério. **Revista de Ciência e Tecnologia Política e Gestão para a Periferia**. Recife, v. 2, n. 2, p. 117-139, 1998. Disponível em: <http://www.fundaj.gov.br>. Acesso em 04 abril 2020.

GROEN, B.; WOUTERS, M.; WILDEROM, C. Why do employees take more initiatives to improve their performance after co-developing performance measures? A field study, Elsevier, **Management Accounting Research**, pp. 120– 141, 2012.

GUNASEKARA, A.; KOBU, B. Performance Measures and Metrics in Logistics and Supply Chain Management: A Review of Recent Literature (1995-2004) for Research and Applications. **International Journal of Production Research**, 2007.

HARKER, P.; VARGAS, L. The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process. **Management Science**, Vol. 33, No. 11, pp. 1383-1403, 1987.

HIJJAR, M. F.; GERVÁSIO, M. H. & FIGUEIREDO, K. F. **Mensuração de desempenho logístico e o modelo World Class Logistics – Parte 1**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.cel.coppead.ufrj.br>. Acesso em: 18 mai 2020.

HINES, P.; TAYLOR, D. Going Lean: a guide to implementation. Cardiff: **Lean Enterprise Research Center**, 2000. Disponível em < <https://www.leancompetency.org/wp-content/uploads/2015/09/Going-Lean.pdf>>. Acesso em 09 jun 2020.

HSU, C. W.; HU, A. H.; CHIOU, C. Y.; CHEN, T. C. Using the FDM and ANP to construct a sustainability balanced scorecard for the semiconductor industry. **Expert Systems with Applications**, v. 38, p. 12.891-12.899, 2011.

HUANG, H. Designing a knowledge-based system for strategic planning: A balanced scorecard perspective. **Expert Systems with Applications**, v. 36, p. 209-218, 2009.

HUANG, H.; LAI, M.; LIN, L. Developing measurement and improvement for the biopharmaceutical firm: Using the BSC hierarchy. **Expert Systems with applications**, v. 38, p. 4.875-4.881, 2011.

IMAI, M. **Kaizen. The Key to Japan's Competitive Success** (New York: McGraw-Hill Education), 1986.

IUGA, M.; KIFOR, C; ROSCA, L. Lean Information Management: Criteria for Selecting Key Performance Indicators at Shop Floor. **ACTA Universitatis Cibiniensis**, 2015.

JUNG, J.; LEE, J; JUNG, H.; KIM, S.; SHIN, D. Methodology for performance measurement in manufacturing collaboration, **International Journal of Industrial Engineering**, Vol.19, No.3, pp. 149-160, 2012.

KANG, N.; ZHAO, C.; LI, J.; HORST, J. A Hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production systems, **International Journal of Production Research**, 54:21, 6333-6350, DOI: 10.1080/00207543.2015.1136082, 2016.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **Alinhamento – Utilizando o Balanced Scorecard para criar sinergias corporativas**. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. The Balanced Scorecard – Measures that drive performance. **Harvard Business Review**. v.70, n.1, p.70-79, 1992.

KASHI, K; FRANEK, J. Utilizing Dematel method in competency modeling. **Forum Scientia e Oeconomia**, 2014.

KEENEY, R. L. Decision Analysis: an overview. **Operations Research, Baltimore**, v. 30, p. 803-838, 1982.

KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisions with Multiple Objectives; Preferences and Value Tradeoffs**. New York: Wiley, 1976.

KRAFCIK, J.F.; Triumph of the Lean production System. **Sloan Management Review**, vol. 41, pp. 41-52, 1998.

KREWER, M. Proposta de implantação do balanced scorecard em uma indústria localizada na encosta da Serra Gaúcha: Um estudo de caso, [s.l.], 2013.

KUCUKALTAN, B.; IRANI, Z.; AKTAS, E. A decision support model for identification and prioritization of key performance indicators in the logistics industry. **Computers in Human Behavior**. 65. 346-358. 10.1016/j.chb.2016.08.045, 2016.

LI, P. How Product Attributes Affect KPI: A case study of a 500-Worker Metal Stamping Factory in China. **International Journal of Business, Economics and Law**, Vol. 11, Issue 2, 2016.

LIKER, J. **O modelo Toyota:14 principios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman Companhia Editor, 2005.

LIKER, J.; MEIER, D. **The Toyota Way Fieldbook**, New York, McGraw Hill, 2006.

LONNIE, W. **How to Implement Lean Manufacturing** (New York: McGraw-Hill), 2010.

LOOTSMA, F. The French and the American School in Multi-criteria decision analysis. **Operations Research**, Vol. 24, No. 3, pp. 263-285, 1990.

MARCONI, M.A., LAKATOS, E.M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5º edição, São Paulo: Atlas, 315 p, 2005.

MARLOW, P.; CASACA, A. Measuring Lean Ports Performance. **International Journal of Transport Management** 189–202, 2003.

MASAAKI, I. **Gemba Kaizen**, Finmedia, Bucuresti, 2004.

MONDEN, Y. **Toyota production system: an integrated approach to just-in-time**. I. o. I. Engineers Ed. Norcross, 1998.

MOURA, B. **Logística, Conceitos e Tendências**. ISBN: 989-615-0919-2. Centro Atlântico, 2006.

NAZARENO, R. R. **Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistemas de produção enxuta**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design. A literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, v.15, n.4, pp.80-116, 1995.

NEUMANN, V., MORGENSTERN, J. **Theory of Games and Economic Behavior**. New York: Wiley, 1953.

NIVEN, P. R. **Balanced Scorecard – passo a passo: Elevando o desempenho e mantendo resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. 3. ed. São Paulo: Campus/Elsevier, 2007.

OHNO, T. **Toyota production system: beyond large-scale production** (C. Press Ed.), 1988.

OLVE, N. G.; PETRI, C. J.; ROY, J.; ROY, S. Twelve years later: Understanding and realizing the value of Balanced Scorecard. **Ivey Business Journal**. Mai/Jun. 2004.

OZERNOY, V. M. **Choosing the Best Multiple Criteria Decision-Making Method**. **INFOR**, v.30, n. 2, p. 159-171, 1992.

PAN, J., N.; NGUYEN, H. T. N. Achieving customer satisfaction through product-service systems. **European Journal of Operational Research**, v. 247, p. 179-190, 2015.

PIATT, J. 5 Rules for Selecting the Best KPIs to Drive Operational Improvement, Industry week magazine, **Penton Publishing**, Cleveland, 2012.

QURESHI, M., KUMAR P. An integrated model to identify and classify the key criteria and their role in the assessment of 3PL services providers. **Asian Pacific Journal of Marketing and Logistics**, 2008.

REICHHART, A., HOLWEG, M. Lean distribution: concepts, contributions, conflicts. **International Journal of Production Research**, 46. doi: 10.1080/00207540701223576, 2007.

REINERT, M. A. Une méthodologie d'analyse des données textuelles et une application: Aurelia de Gerard de Nerval. **Bulletin de Methodologie Sociologique**, v.26, p.24-54, 1990.

REINERT, M. A. Une méthode statistique et sémiotique d'analyse de discours; Application aux « Rêveries du promeneur solitaire ». **La Revue Française de Psychiatrie et de Psychologie Médicale**, v. 05(39), p. 32-36, 2001.

RIBEIRO, P.C.C.; SILVA, L. A. F; BENVENUTO, S. R. S. **O uso de tecnologia da informação em serviços de armazenagem. Produção**, [S.1], v. 16, p. 526-537, 2006.

SAATY, T.L. **Decision making for leaders**. Pittsburg, USA: WS. Publications, 2000.

SAATY, T. L. Decision making with analytic hierarchy process. **International Journal Services Sciences**, [S. 1.], v. 1, p. 83-98, 2008.

SAATY, T.; VARGAS, L. The Legitimacy of Rank Reversal. **Omega**, Vol. 12, No. 5, pp. 513-516, 1984.

SEERGEVA, T; LAZICH, Y.; FEDOROV, D. Development of the Kpis System of Logistic Activity of Agricultural Enterprise, **The European Proceedings of Social and Behavioural Sciences**, 2019.

SELLTIZ, C.; WRIGHTMAN, L. S.; COOK, S. W. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. 2. Ed. São Paulo: Pedagógica, 1987.

SEYEDHOSSEINI, S. M. *et al.* Extracting leaness criteria by employing the concept of Balanced Scorecard. **Expert System with Applications**, v. 38, p. 10454-10461, 2011.

SHAIK, M.; ABDUL-KADER, W. Comprehensive performance measurement and causal-effect decision making model for reverse logistics enterprise. **Computers & Industrial Engineering**, 2014.

SHIMIZU, T. **Decisão nas organizações**. 3 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**: Bookman, 1996.

SHINGO, S. **Study of Toyota Production System from Industrial Engineering Viewpoint: Beyond Large Scale Production**. New York, NY: Productivity Press, 1989.

SILVA, A.; TODARO, M.; ARCOSI, S. Ferramenta de gestão estratégica balanced scorecard (BSC): Um estudo de caso em uma pequena empresa na cidade de São Luís - MA, [s.l.], 2017.

SILVA, B. F. **Conceitos e Diretrizes para a Gestão da Logística no Processo de Produção de Edifícios**. Disponível em: [http://www.pcc.usp.br/files/text/personal\\_files/francisco\\_car\\_doso/Disserta%C3%A7%C3%A3oFredBSilva\(PCC.USP\).pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/personal_files/francisco_car_doso/Disserta%C3%A7%C3%A3oFredBSilva(PCC.USP).pdf). Acesso em 05 jun 2020.

STAMM, M.; NEITZERT, T. Key performance indicators (KPI) for the implementation of lean methodologies in a manufacture-to-order small and medium enterprise, School of Engineering, AUT University, Auckland, New Zealand, available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/56363031.pdf>. Acesso em 15 dez 2020.

SUBRAMANIAN, N.; RAMANATHAN, R. A review of applications of Analytic Hierarchy Process in Operations Management. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 138, p. 215-241, 2012.

SUMRIT, D.; ANUNTAVERNICH, P. Using DEMATEL Method to Analyze the Causal Relations on Technological Innovation Capability Evaluation Factors in Thai Technology-Based Firms. **International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies**, v. 4, n.2, p. 81-103, 2012.

TONG, L.; et al. Evaluation of Lean Logistics Performance Based on Balanced Score Card and Unascertained Sets, **Proceedings of LISS: International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences**, 2015.

TORBACKI, W; KIJEWSKA, K. Identifying Key Performance Indicators to be used in Logistics 4.0 and Industry 4.0 for the needs of sustainable municipal logistics by means of the DEMATEL method, **Transportation Research Procedia**, Volume 39, 2019.

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, n. 3, p. 207-222, 2003.

TREVIZANO, W. A., FREITAS, POLICANI, A. L. Emprego do Método da Análise Hierárquica (A.H.P.) na seleção de Processadores. In: **XXV Encontro Nac. de Engenharia de Produção** – Porto Alegre, RS, Brasil, 2005.

TZENG, G; CHIANG, C; LI, C. Evaluating intertwined effects in e-learning programs: A novel hybrid MCDM model based on fator analysis and DEMATEL. **Expert systems with Applications**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 1028–1044, 2007.

VERGARA, S. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 7º ed. São Paulo: Editora Atlas, 96p, 2006.

VIRMANI, N., SAHA, R.; SAHAI, R. Evaluating key performance indicators of leagile manufacturing using fuzzy TISM approach. **Int J Syst Assur Eng Manag** 9, 427–439. <https://doi.org/10.1007/s13198-017-0687-4>, 2018.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, N. Case Research in Operations Management, **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, p. 195-219, 2002.

VUKOMANOVIC, M.; RADUJKOVIC, M. The balanced scorecard and EFQM working together in a performance management framework in construction industry. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 19, p. 683-695, 2013.

ZAGO, C. A.; ABREU, L. F.; GRZEBIELUCKAS, C.; BORNIA, A. C. Modelo de Avaliação de Desempenho Logístico com Base no Balanced Scorecard (BSC): Proposta para uma Pequena Empresa. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, Campo Limpo Paulista, v.2, n.1, p.19-37, 2008.

ZHU, Q., SARKIS, J.; LAI, K. Confirmation of a measurement model for green supply chain management practices implementation. **International Journal of Production Economics**, 111(2), 261-273. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.11.029>, 2008.

WANG, M.; WANG, K. Key Performance Indicator for ERP Developed in the Solar Cell Industry, **International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation (IEMI2012) Proceedings**, 2013.

WOMACK, J., JONES, D., ROOS, D. **The Machine that changed the World. The Story of Lean Production**. Free Press, 1990.

WOMACK, J., JONES, D. **Lean Thinking: banish waste and create wealth in your Corporation**, S. a. Schuster Ed., New York, 1996.

WOMACK, J., JONES, D., ROSS, D. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. Simon & Schuster, Inc. USA, 2003.

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

WOHLERS, B.; DZIWOK, S.; PASIC, F.; LIPSMEIER, A.; BECKER, M. Monitoring and control of production processes based on key performance indicators for mechatronic systems, **International Journal of Production Economics**, Elsevier, vol. 220, 2020.

WOOLLISCROFT, P.; JAKÁBOVÁ, M.; KRAJCOVICOVA, K.; PUCIKOVA, L.; CAGANOVA, D.; ČAMBÁL, M. Global key performance best practice. **Proceedings of the 9th European Conference on Management Leadership and Governance**, 2013.

WU, H. Y.; TZENG, G. H.; CHEN, Y. H. A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance based on Balanced Scorecard. **Expert Systems with Applications**, v. 36, p. 10.135-10.147, 2009.

WU, H.; TSAI, Y. An integrated approach of AHP and DEMATEL methods in evaluating the criteria of auto spare parts industry. **International Journal of System Science**, 2011.

WU, W.; LEE, Y. Developing global manager's competencies using the fuzzy Dematel method. **Expert system with applications**, v. 32, n. 2, p.499-507, 2007.

WU, Y. C. Lean manufacturing: a perspective of lean suppliers. **International Journal of Operations & Production Management**, 23(11-12), 1349-1376. doi: 10.1108/01443570310501880, 2003.

WUDHIKARN, R.; CHAKPITAK, N.; NEUBERT, G. A literature review on performance measures of logistics management: An intellectual capital perspective. **International Journal of Production Research**, 56(13), 4490-4520. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1431414>, 2018.

WUDHIKARN, R. Determining key performance indicators of intellectual capital in logistics business using Delphi Method. **Conference: 2017 International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT)**, 2017.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman. 2001.

YING, F.; TOOKEY, J.; SEADON, J. Measuring the invisible: a key performance indicator for managing construction logistics performance, **Benchmarking: An International Journal**, 2018.

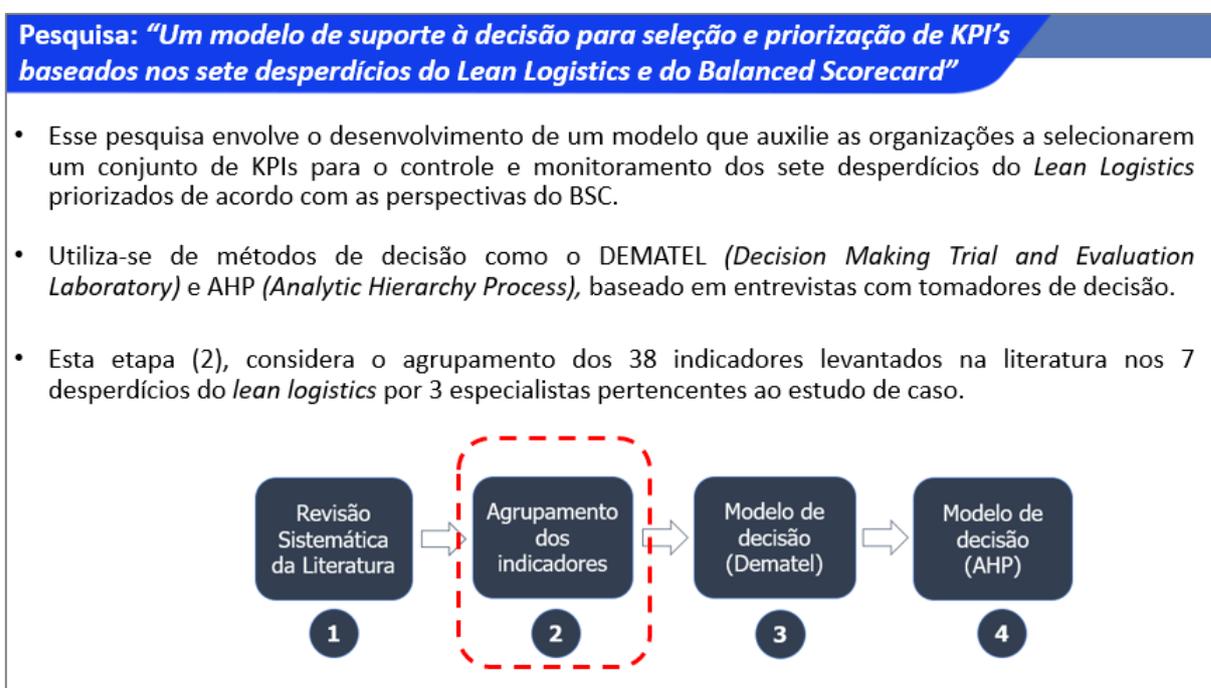
YÜKSEL, I.; DAĞDEVİREN, M. Using the fuzzy analytic network process (ANP) for Balanced Scorecard (BSC): A case study for a manufacturing firm. **Expert Systems with Applications**, v. 37, p. 1.270-1.278, 2010.

## APÊNDICES

### Apêndice A – Roteiro da entrevista para o agrupamento dos indicadores nos sete desperdícios (Etapa 2)

A seguir é apresentado a sequência de *slides* utilizados para introduzir o tema e os objetivos dessa etapa para os 3 especialistas. Considera também as perguntas referente ao perfil de cada entrevistado, material da literatura para auxiliar na discussão e os dados iniciais para os agrupamentos, ou seja, os 38 indicadores selecionados na revisão da literatura e os 7 desperdícios do *Lean Logistics*. As figuras 32, 33 e 34 trazem a sequência dessas apresentações.

FIGURA 32 – SLIDE 1 DA ENTREVISTA (ETAPA 2)



Fonte: Elaboração Própria

FIGURA 33 – SLIDE 2 DA ENTREVISTA (ETAPA 2)

**Pesquisa: “Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPI’s baseados nos sete desperdícios do Lean Logistics e no Balanced Scorecard”**

### **Entrevista sobre o perfil dos tomadores de decisão**

- 1) Qual é a idade do entrevistado?
- 2) Qual é a formação (área) do entrevistado?
- 3) Qual é o cargo atual do entrevistado?
- 4) Quanto tempo o entrevistado tem de experiência no cargo atual?
- 5) O entrevistado tem interação com os demais tomadores de decisão?
- 6) O entrevistado participa atualmente das iniciativas referentes ao *Lean Manufacturing* dentro da organização? (Escala 1-5, sendo: 1 pouca participação e 5 bastante participação)

Fonte: Elaboração Própria

**Pesquisa: “Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPI’s baseados nos sete desperdícios do Lean Logistics e do Balanced Scorecard”**

Indicadores levantados na Revisão da Literatura	
1	Custo Fixos
2	Retorno de vendas
3	Crescimento de vendas
4	Retorno do Investimento (ROI)
5	Fluxo de Caixa
6	Luxo líquido
7	Market Share
8	Acuidade do planejamento
9	Nível de serviço de entrega
10	Tempo de ciclo de produção (lead time do pedido)
11	Porcentagem de cargas rasateiras
12	Tempo de atraso das entregas
13	Nível de estoque
14	Acurácia de inventário
15	Pedido Perfeito
16	Confiabilidade nas entregas
17	Utilização da capacidade de carga do caminhão
18	On Time in Full
19	Custo de armazenamento pela % de vendas
20	Custos operacionais com estoques
21	Custos associados à falta de estoque de produtos acabados
22	Cobertura de estoque
23	Ciclo de estoque
24	On-Time Delivery - OTD
25	OFR (Order Fill Rate)
26	Taxa anual de rotatividade de estoques (turnover)
27	% de produtos acabados
28	Taxa de reclamações do cliente
29	Porcentagem do custo do trabalhador gasto em treinamento
30	Implementação do 5S
31	Overall equipment effectiveness
32	Time to Market
33	Satisfação dos empregados
34	Nível de estoque de segurança
35	% de produtos remanufaturados
36	Número de empregados trabalhando com projetos de melhoria contínua
37	TEEP (Total Effective Equipment Productivity)
38	Lead Time de Fabricação

**Indicadores**



**Agrupamento**



Desperdícios
1. Superprodução
2. Transporte Excessivo
3. Estoque
4. Espera
5. Defeitos
6. Processamento Inadequado
7. Movimentação Excessiva

Desperdícios	Possíveis Causas	Possíveis Soluções	Indicadores
1. Superprodução	Áreas grandes de depósitos	Reduzir Setup	
	Custos elevados de transporte	Focar só o necessário	
2. Transporte Excessivo	Faltas no PCP	“Passar” a produção	
	Lay-out inadequado	Projetar Layout para minimização do transporte	
	Lotas grandes	Reduzir a movimentação do material	
3. Estoque	Produção com grande antecedência	Sincronizar o fluxo	
	Acertar Superprodução	Reduzir setups	
	Produto obsoleto	Reduzir lead times	
4. Espera	Grande Flutuação da demanda	Realizar a produção a compartilhando a demanda	
	Espera por materiais	Promover a utilização de projeto modular dos produtos	
	Espera por informações	Realizar a produção a compartilhando a demanda	
5. Defeitos	Falta de treinamento	Sincronizar o fluxo de material	
	Matéria-prima defeituosa	Balancar a linha com trata fatores fixos	
	Ferramentas e dispositivos inadequados	Realizar manutenção preventiva	
6. Processamento Inadequado	Falta de padronização	Utilizar mecanismos de prevenção de falhas	
	Erros ao longo do processo	Não aceitar defeito	
	Padrões inadequados de ergonomia	Analisar e padronizar processos	
7. Movimentação Excessiva	Disposição e ou controle inadequado de peças, matéria-prima e de consumo, ferramentas e dispositivos	Garantir a qualidade do material, ferramentas e dispositivos	
	Itens perdidos	Realizar estudo de movimentos	
		Reduzir deslocamentos	
		Adoçar sistemas de controle pertinentes	

## Apêndice B – Roteiro da entrevista para a apresentação do modelo DEMATEL (Etapa 3)

A seguir é apresentado a sequência de *slides* utilizados para introduzir sobre o método DEMATEL, além de um *slide* com a matriz de comparação para ser preenchido pelos 3 tomadores de decisão. As figuras 35, 36, 37 e 38 trazem a sequência dessas apresentações.

FIGURA 35 – SLIDE 1 DA ENTREVISTA (ETAPA 3)

**Pesquisa: “Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPI’s baseados nos sete desperdícios do Lean Logistics e no Balanced Scorecard”**

- Esse pesquisa envolve o desenvolvimento de um modelo que auxilie as organizações a selecionarem um conjunto de KPIs para o controle e monitoramento dos sete desperdícios do *Lean Logistics* priorizados de acordo com as perspectivas do BSC.
- Utiliza-se de métodos de decisão como o DEMATEL (*Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*) e AHP (*Analytic Hierarchy Process*), baseado em entrevistas com tomadores de decisão.
- Esta etapa (3), utiliza o método DEMATEL para analisar as influências entre os indicadores e os desperdícios, permitindo assim a elaboração de relações de causa e efeito entre os critérios de uma maneira estrutural, hierarquizando os critérios (indicadores) e clusters (desperdícios).

```

graph LR
    1[1. Revisão Sistemática da Literatura] --> 2[2. Agrupamento dos indicadores]
    2 --> 3[3. Modelo de decisão (Dematel)]
    3 --> 4[4. Modelo de decisão (AHP)]
  
```

Fonte: Elaboração Própria

FIGURA 36 – SLIDE 2 DA ENTREVISTA (ETAPA 3)

**Pesquisa: “Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPI’s baseados nos sete desperdícios do Lean Logistics e no Balanced Scorecard”**

### Entrevista sobre o perfil dos tomadores de decisão

- 1) Qual é a idade do entrevistado?
- 2) Qual é a formação (área) do entrevistado?
- 3) Qual é o cargo atual do entrevistado?
- 4) Quanto tempo o entrevistado tem de experiência no cargo atual?
- 5) O entrevistado tem interação com os demais tomadores de decisão?
- 6) O entrevistado participa atualmente das iniciativas referentes ao *Lean Manufacturing* dentro da organização? (Escala 1-5, sendo: 1 pouca participação e 5 bastante participação)

Fonte: Elaboração Própria

FIGURA 37 – SLIDE 3 DA ENTREVISTA (ETAPA 3)

**Pesquisa: “Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPI’s baseados nos sete desperdícios do Lean Logistics e no Balanced Scorecard”**

Preencher de 0 a 4 (conforme tabela 2) par a par, respondendo a pergunta: “O quanto o Indicador X influencia o indicador Y”

Tabela 1

Indicadores e os 7 Desperdícios do Lean Logistics		SUPERPRODUÇÃO			
		Acurácia do Planejamento	Retorno de vendas	Custo Fixos	Crescimento de vendas
SUPERPRODUÇÃO	Acurácia do Planejamento				
	Retorno de vendas				
	Custo Fixos				
	Crescimento de vendas				

Ex.: O indicador “Acurácia do Planejamento” tem uma **Influência Muito Alta (MA)** sobre o indicador “Retorno de Vendas”

Deve-se relacionar as LINHAS com as COLUNAS das matrizes utilizando os termos da tabela 2.

Tabela 2

Grau de Influência	Abreviatura	Valor Numérico
Influência Muito Alta	MA	4
Influência Alta	A	3
Influência Média	M	2
Influência Baixa	B	1
Influência Nula	N	0

Fonte: Elaboração Própria

FIGURA 38 – SLIDE 4 DA ENTREVISTA (ETAPA 3)

**Pesquisa: “Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPI’s baseados nos sete desperdícios do Lean Logistics e no Balanced Scorecard”**

- O arquivo do Excel contém a entrevista sobre o perfil, informações sobre as escalas e indicadores além das duas matrizes de relação (**desperdício x desperdício** e **indicador x indicador**).
- O PDF apresenta algumas informações sobre o método DEMATEL.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following sections:

- Entrevista sobre o perfil dos Tomadores de Decisão:** A list of 20 interview questions (e.g., "Qual é a idade do entrevistado?", "Qual é a formação (área) do entrevistado?").
- Desperdícios (A-H):** A list of 8 waste types: 1 Superprodução, 2 Transporte Excessivo, 4 Espera, 5 Defeitos, 6 Processamento Inadequado, 7 Movimentação Excessiva.
- Indicadores (A-H):** A list of 8 indicators: 1 Acurácia do Planejamento, 2 Retorno de vendas, 3 Custo Fixos, 4 Crescimento de vendas, 5 Percentual de carga trabalhável, 6 Implementação do 5S, 7 Utilização da capacidade da carga do caminhão, 8 Confiabilidade nas entregas.
- 7 desperdícios do Lean:** A matrix showing the relationship between waste types (A-H) and indicators (A-H). The matrix is lower triangular, indicating that waste A influences indicators A through H, waste B influences B through H, and so on.

Fonte: Elaboração Própria

## Apêndice C – Roteiro da entrevista para a apresentação do modelo AHP (Etapa 4)

A seguir é apresentado a sequência de *slides* utilizados para introduzir os entrevistados sobre o método AHP, além do *slide* com as matrizes de comparação para serem preenchidos pelos 3 tomadores de decisão. As figuras 39, 40, 41, 42 e 43 trazem a sequência dessas apresentações.

FIGURA 39 – SLIDE 1 DA ENTREVISTA (ETAPA 4)

**Pesquisa: “Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPI’s baseados nos sete desperdícios do Lean Logistics e no Balanced Scorecard”**

- Essa pesquisa envolve o desenvolvimento de um modelo que auxilie as organizações a selecionarem um conjunto de KPIs para o controle e monitoramento dos sete desperdícios do *Lean Logistics* priorizados de acordo com as perspectivas do BSC.
- Utiliza-se de métodos de decisão como o DEMATEL (*Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*) e AHP (*Analytic Hierarchy Process*), baseado em entrevistas com tomadores de decisão.
- Na etapa (4), utiliza-se o método AHP para ranquear os 7 indicadores selecionados na etapa 3.

Utiliza os indicadores como alternativas e as perspectivas do BSC como critérios baseados no seguinte objetivo: **“Ranquear uma lista de indicadores operacionais do Lean Logistics mais influentes dentro dos desperdícios, mas priorizados com a visão estratégica do BSC.”**

```

graph LR
    1[1. Revisão Sistemática da Literatura] --> 2[2. Agrupamento dos indicadores]
    2 --> 3[3. Modelo de decisão (Dematel)]
    3 --> 4[4. Modelo de decisão (AHP)]
    style 4 stroke-dasharray: 5 5
  
```

Fonte: Elaboração Própria

FIGURA 40 – SLIDE 2 DA ENTREVISTA (ETAPA 4)

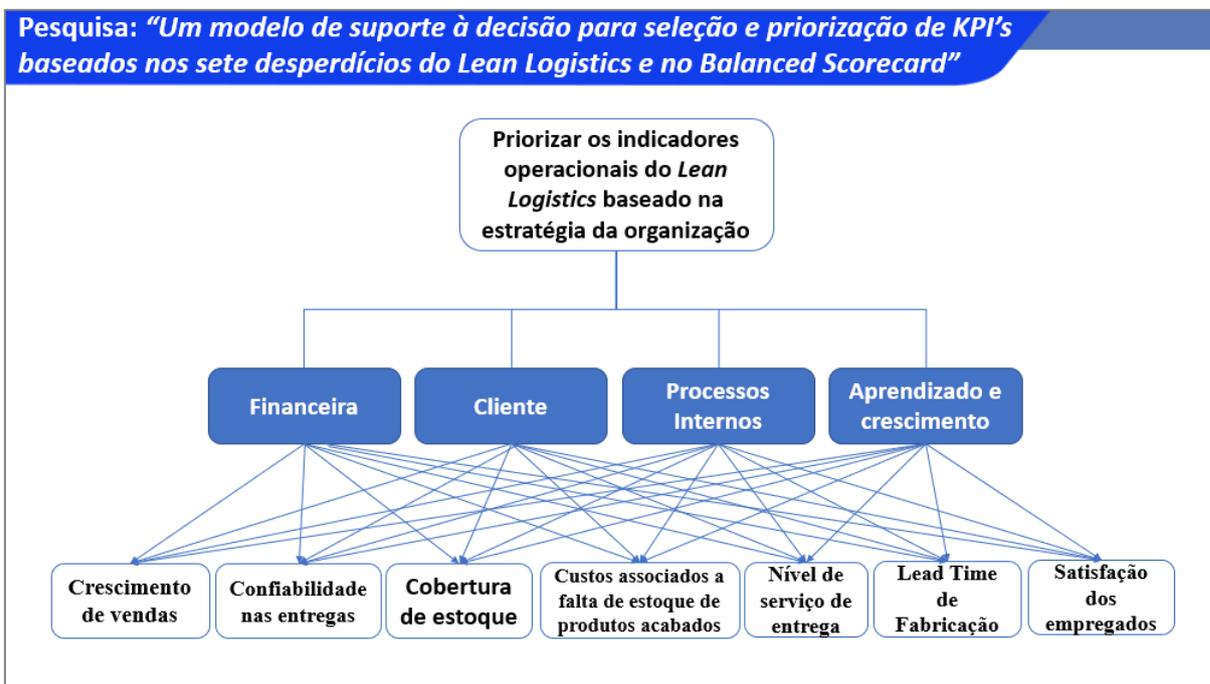
**Pesquisa: “Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPI’s baseados nos sete desperdícios do Lean Logistics e no Balanced Scorecard”**

### Entrevista sobre o perfil dos tomadores de decisão

- 1) Qual é a idade do entrevistado?
- 2) Qual é a formação (área) do entrevistado?
- 3) Qual é o cargo atual do entrevistado?
- 4) Quanto tempo o entrevistado tem de experiência no cargo atual?
- 5) O entrevistado tem interação com os demais tomadores de decisão?
- 6) O entrevistado participa atualmente das iniciativas referentes ao *Lean Manufacturing* dentro da organização? (Escala 1-5, sendo: 1 pouca participação e 5 bastante participação)

Fonte: Elaboração Própria

FIGURA 41 – SLIDE 3 DA ENTREVISTA (ETAPA 4)



Fonte: Elaboração Própria

FIGURA 42 – SLIDE 4 DA ENTREVISTA (ETAPA 4)

**Pesquisa: “Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPI’s baseados nos sete desperdícios do Lean Logistics e no Balanced Scorecard”**

A avaliação par a par no método AHP se dá através das escalas numéricas abaixo, das quais estão relacionadas as suas respectivas escalas verbais e explicações para auxiliar nas comparações:

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Mesma importância	Os dois atributos contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância fraca de um sobre o outro	A experiência e o julgamento favorecem levemente um atributo em relação ao outro
5	Importância forte ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um atributo em relação ao outro
7	Importância muito forte ou demonstrada	Um atributo é fortemente favorecido em relação ao outro, seu predomínio de importância é demonstrado na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece um atributo em relação ao outro com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de favorecimento entre duas definições

Fonte: Elaboração Própria

FIGURA 43 – SLIDE 5 DA ENTREVISTA (ETAPA 4)

**Pesquisa: “Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPI’s baseados nos sete desperdícios do Lean Logistics e no Balanced Scorecard”**

Utilizar a escala para fazer uma comparação par a par:

1) Perspectivas em função do objetivo e 2) Indicadores em função de cada perspectiva

**1)**

Critérios mais importantes para a estratégia da organização				
Tabela AHP 1	Financeiro	Cliente	Processos Internos	Aprendizado e Crescimento
Financeiro	1			
Cliente	#DIV/0!	1		
Processos Internos	#DIV/0!	#DIV/0!	1	
Aprendizado e Crescimento	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1

*“O quanto um critério é mais importante do que outro em relação ao objetivo”*

**2)**

Indicadores mais importantes para a estratégia da organização de acordo com cada perspectiva							
Tabela AHP 2	Crescimento de vendas	Confabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1						
Confabilidade nas entregas	#DIV/0!	1					
Cobertura de estoque	#DIV/0!	#DIV/0!	1				
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1			
Nível de serviço de entrega	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1		
Lead Time de Fabricação	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	
Satisfação dos empregados	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1

Perspectiva - Financeira							
Índice KPI 1	Crescimento de vendas	Confabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1						
Confabilidade nas entregas	#DIV/0!	1					
Cobertura de estoque	#DIV/0!	#DIV/0!	1				
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1			
Nível de serviço de entrega	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1		
Lead Time de Fabricação	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	
Satisfação dos empregados	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1

Perspectiva - Cliente							
Índice KPI 1	Crescimento de vendas	Confabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1						
Confabilidade nas entregas	#DIV/0!	1					
Cobertura de estoque	#DIV/0!	#DIV/0!	1				
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1			
Nível de serviço de entrega	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1		
Lead Time de Fabricação	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	
Satisfação dos empregados	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1

Perspectiva - Processos Internos							
Índice KPI 1	Crescimento de vendas	Confabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1						
Confabilidade nas entregas	#DIV/0!	1					
Cobertura de estoque	#DIV/0!	#DIV/0!	1				
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1			
Nível de serviço de entrega	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1		
Lead Time de Fabricação	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	
Satisfação dos empregados	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1

Perspectiva - Aprendizado e Crescimento							
Índice KPI 1	Crescimento de vendas	Confabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1						
Confabilidade nas entregas	#DIV/0!	1					
Cobertura de estoque	#DIV/0!	#DIV/0!	1				
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1			
Nível de serviço de entrega	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1		
Lead Time de Fabricação	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	
Satisfação dos empregados	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1

Fonte: Elaboração Própria

## Apêndice D – Devolutivas e respostas da Etapa 3 (DEMATEL)

A seguir é apresentado as respostas dos tomadores de decisão acerca da etapa 3.

### Tomador de decisão 1:

QUADRO 22 – PERFIL DO TOMADOR DE DECISÃO 1

Entrevista sobre o perfil dos Tomadores de Decisão (preencher células em amarelo)	
1) Qual é a idade do entrevistado?	R) 40
2) Qual é a formação (área) do entrevistado?	R) Tecnólogo Mecânico
3) Qual é o cargo atual do entrevistado?	R) Gerente de Logística
4) Quanto tempo o entrevistado tem de experiência no cargo atual?	R) 3 anos
5) O entrevistado tem interação com os demais tomadores de decisão?	R) Sim
6) O entrevistado participa atualmente das iniciativas referente ao <i>Lean Manufacturing</i> dentro da organização? (Escala 1-5, sendo: 1 pouca participação e 5 bastante participação)	R) 2

Fonte: Elaboração Própria

QUADRO 23 – CORRELAÇÃO DE INFLUÊNCIAS ENTRE OS DESPERDÍCIOS TD1

CORRELAÇÃO	Superprodução	Transporte Excessivo	Estoque	Espera	Defeitos	Processamento Inadequado	Movimentação Excessiva
Superprodução	0	A	MA	B	A	N	B
Transporte Excessivo	N	0	A	N	M	N	B
Estoque	N	M	0	B	B	N	M
Espera	A	A	A	0	B	B	B
Defeitos	B	A	A	M	0	M	B
Processamento Inadequado	B	B	M	A	A	0	B
Movimentação Excessiva	M	N	B	B	M	N	0

Fonte: Elaboração Própria



QUADRO 26 – CORRELAÇÃO DE INFLUÊNCIAS ENTRE OS DESPERDÍCOS TD2

CORRELAÇÃO	Superprodução	Transporte Excessivo	Estoque	Espera	Defeitos	Processamento Inadequado	Movimentação Excessiva
Superprodução	0	A	MA	MA	M	M	A
Transporte Excessivo	A	0	A	B	A	B	MA
Estoque	MA	A	0	MA	M	N	A
Espera	MA	B	MA	0	N	N	N
Defeitos	M	A	M	N	0	MA	N
Processamento Inadequado	M	B	N	N	MA	0	B
Movimentação Excessiva	A	MA	A	N	N	B	0

Fonte: Elaboração Própria

QUADRO 27 – CORRELAÇÃO DE INFLUÊNCIAS ENTRE OS INDICADORES TD2

CORRELAÇÃO TD2	SUPERPRODUÇÃO				TRANSPORTE EXCESSIVO				ESTOQUE								ESPERA				DEFEITOS						PROCESSAMENTO				MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA								
	AP	RV	CF	CV	PC	IS	UC	CE	FC	LL	NM	AI	CA	CO	CE	GE	NE	TC	MS	CE	TA	NS	PP	OF	PR	TR	OEE	PM	OT	TE	LT	TM	OFR	ROI	TO	PT	NE	SE	
SUPERPRODUÇÃO	AP	0	MA	MA	MA																																		
	RV	MA	0	MA	MA																																		
	CF	MA	MA	0	MA																																		
	CV	MA	MA	MA	0																																		
TRANSPORTE EXCESSIVO	PC				0	N	B	MA																															
	IS				N	0	B	B																															
	UC				B	B	0	A																															
	CE				MA	B	A	0																															
ESTOQUE	FC								0	MA	MA	A	MA	MA	MA	A	MA																						
	LL								MA	0	M	M	MA	MA	M	A	M																						
	NM								MA	M	0	A	MA	MA	MA	MA	MA																						
	AI								A	M	A	0	M	A	A	A	A																						
	CA								MA	MA	MA	M	0	MA	MA	MA	MA																						
	CO								MA	MA	MA	A	MA	0	MA	MA	MA																						
	CEI								MA	M	MA	A	MA	MA	0	MA	MA																						
	GE								A	A	MA	A	MA	MA	MA	0	MA																						
ESPERA	TC																0	A	A	M																			
	MS																A	0	B	A																			
	CAF																A	B	0	MA																			
	TA																M	A	MA	0																			
DEFEITOS	NS																				0	MA	MA	M	MA	M	MA	M	MA	MA									
	PP																				MA	0	MA	M	MA	A	A	MA											
	OF																				MA	MA	0	M	MA	A	A	MA											
	PR																				M	M	M	0	A	MA	MA	A											
	TR																				MA	MA	MA	A	0	A	A	A											
	OEE																				M	A	A	MA	A	0	A	A											
	PM																				MA	A	A	MA	A	A	0	A											
PROCESSAMENTO INADEQUADO	TE																																						
	LT																												0	MA	MA	MA							
	TM																												MA	0	MA	MA							
	OFR																												MA	MA	MA	0							
MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA	ROI																																	0	M	M	A	A	
	TO																																M	0	A	M	MA		
	PT																																M	A	0	A	A		
	NET																																A	M	A	0	M		
	SE																																A	MA	A	M	0		

Fonte: Elaboração Própria

### Tomador de decisão 3:

QUADRO 28 – PERFIL DO TOMADOR DE DECISÃO 3

Entrevista sobre o perfil dos Tomadores de Decisão (preencher células em amarelo)	
1) Qual é a idade do entrevistado?	R) 43 anos
2) Qual é a formação (área) do entrevistado?	R) Superior completo com MBA
3) Qual é o cargo atual do entrevistado?	R) Consultor de engenharia
4) Quanto tempo o entrevistado tem de experiência no cargo atual?	R) 10 anos
5) O entrevistado tem interação com os demais tomadores de decisão?	R) Sim
6) O entrevistado participa atualmente das iniciativas referente ao <i>Lean Manufacturing</i> dentro da organização? (Escala 1-5, sendo: 1 pouca participação e 5 bastante participação)	R) 5

Fonte: Elaboração Própria

QUADRO 29 – CORRELAÇÃO DE INFLUÊNCIAS ENTRE OS DESPERDÍCIOS TD3

CORRELAÇÃO	Superprodução	Transporte Excessivo	Estoque	Espera	Defeitos	Processamento Inadequado	Movimentação Excessiva
Superprodução	0	MA	MA	A	A	A	A
Transporte Excessivo	N	0	N	A	A	A	A
Estoque	N	A	0	A	A	A	A
Espera	N	N	N	0	N	N	N
Defeitos	A	A	A	A	0	MA	A
Processamento Inadequado	A	A	A	A	A	0	A
Movimentação Excessiva	N	N	N	A	M	N	0

Fonte: Elaboração Própria

QUADRO 30 – CORRELAÇÃO DE INFLUÊNCIAS ENTRE OS INDICADORES TD3

CORRELAÇÃO TD3	SUPERPRODUÇÃO				TRANSPORTE EXCESSIVO				ESTOQUE								ESPERA				DEFETOS							PROCESSAMENTO				MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA							
	AP	RV	CF	CV	PC	IS	UC	CE	FC	LL	NM	AI	CA	CO	CE	GE	NE	TC	MS	CE	TA	NS	PP	OF	PR	TR	OEE	PM	OT	TE	LT	TM	OFR	ROI	TO	PT	NE	SE	
SUPERPRODUÇÃO	AP	0	MA	A	MA																																		
	RV	MA	0	M	A																																		
	CF	B	A	0	A																																		
	CV	A	A	MA	0																																		
TRANSPORTE EXCESSIVO	PC				0	MA	B	A																															
	IS				MA	0	MA	A																															
	UC				M	MA	0	A																															
	CE				A	A	A	0																															
ESTOQUE	FC							0	A	A	N	A	B	M	A	A																							
	LL							A	0	A	M	M	A	A	A	A																							
	NM							MA	A	0	MA	MA	MA	MA	MA	MA																							
	AI							M	M	M	0	M	M	A	M	M																							
	CA							A	A	A	A	0	A	A	A	A																							
	CO							MA	A	A	A	A	0	A	A	A																							
	CET							A	A	A	A	A	A	0	A	A																							
	GE							A	A	A	A	A	A	A	0	A																							
	NE							A	A	A	A	A	A	A	A	0																							
ESPERA	TC																0	MA	MA	MA																			
	MS																A	0	M	M																			
	CAF																A	A	0	A																			
	TA																A	A	A	0																			
DEFETOS	NS																				0	MA	MA	A	MA	MA	A	MA											
	PP																				MA	0	MA	MA	MA	A	MA	MA											
	OF																				MA	MA	0	MA	MA	MA	MA	MA											
	PR																				A	A	A	0	MA	B	A	A											
	TR																				MA	MA	MA	MA	0	MA	A	MA											
	OEE																				MA	MA	MA	MA	MA	0	MA	MA											
	PM																				A	A	MA	A	MA	MA	0	MA											
OT																				MA	A	MA	A	MA	MA	A	0												
PROCESSAMENTO INDICADO	TE																																						
	LT																																						
	TM																																						
	OFR																																						
MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA	ROI																																						
	TO																																						
	PT																																						
	NET																																						
SE																																							

Fonte: Elaboração Própria

**Apêndice E – Matrizes de relação total do modelo DEMATEL considerando os valores limiares**

**TABELA 23 – MATRIZ DE RELAÇÃO TOTAL (7 DESPERDÍCIOS)**

	Superprodução	Transporte Excessivo	Estoque	Espera	Defeitos	Processamento Inadequado	Movimentação Excessiva
Superprodução	0	0,536	0,577	0,46	0,467	0,317	0,436
Transporte Excessivo	0	0	0,36	0	0,363	0	0,35
Estoque	0	0,403	0	0,371	0,343	0	0,365
Espera	0	0	0	0	0	0	0
Defeitos	0,354	0,475	0,467	0,372	0	0,376	0,349
Processamento Inadequado	0,331	0,38	0,389	0,358	0,431	0	0,33
Movimentação Excessiva	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 24 – MATRIZ DE RELAÇÃO TOTAL INDICADORES (SUPERPRODUÇÃO)**

	AP	RV	CF	CV
AP	0	2,208	1,933	2,006
RV	0	0	0	0
CF	0	1,845	0	0
CV	1,78	2,08	1,871	0

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 25 – MATRIZ DE RELAÇÃO TOTAL INDICADORES (TRANSPORTE EXCESSIVO)**

	PC	IS	UC	CE
PC	0	0	0	3,855
IS	0	0	3,444	4,178
UC	0	0	3,489	4,636
CE	0	0	3,703	4,252

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 26 – MATRIZ DE RELAÇÃO TOTAL INDICADORES (ESTOQUE)

	FC	LL	NM	AI	CA	CO	CET	GE	NE
FC	0,586	0	0,664	0	0,669	0,622	0,669	0,59	0,697
LL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NM	0,807	0	0,63	0	0,776	0,745	0,778	0,669	0,798
AI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CA	0,674	0	0,624	0	0	0,593	0,64	0	0,657
CO	0,679	0	0,629	0	0,633	0	0,644	0	0,661
CET	0,789	0	0,732	0	0,758	0,728	0,641	0,692	0,78
GE	0,734	0	0,691	0	0,706	0,667	0,718	0	0,736
NE	0,728	0	0,677	0	0,691	0,653	0,685	0,62	0,602

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 27 – MATRIZ DE RELAÇÃO TOTAL INDICADORES (ESPERA)

	TC	MS	CAF	TA
TC	0	1,219	1,226	1,114
MS	0	0	0	0
CAF	0	1,019	0	0,988
TA	0	1,054	1,082	0

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 28 – MATRIZ DE RELAÇÃO TOTAL INDICADORES (DEFEITOS)

	NS	PP	OF	PR	TR	OEE	PM	OT
NS	1,185	1,205	1,327	0	1,282	0	0	1,303
PP	1,381	1,118	1,383	0	1,338	0	0	1,348
OF	1,321	1,203	1,174	0	1,279	0	0	1,289
PR	0	0	0	0	0	0	0	0
TR	1,276	1,12	1,224	0	0	0	0	1,213
OEE	1,202	1,095	1,207	0	1,166	0	0	1,184
PM	1,243	1,132	1,248	0	1,205	0	0	1,214
OT	1,187	0	1,18	0	1,117	0	0	0

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 29 – MATRIZ DE RELAÇÃO TOTAL INDICADORES (PROCESSAMENTO INADEQUADO)

	TE	LT	TM	OFR
TE	0	0	1,213	0
LT	1,005	0	1,454	1,196
TM	0	0	0	0
OFR	0	1,071	1,248	0

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 30 – MATRIZ DE RELAÇÃO TOTAL INDICADORES (MOVIMENTAÇÃO EXCESSIVA)

	ROI	TO	PT	NET	SE
ROI	0	0	0	0	1,16
TO	1,1	0	1,291	0	1,465
PT	0	0	0	0	1,349
NET	0	0	0	0	1,204
SE	1,21	1,204	1,37	1,183	1,311

Fonte: Elaboração Própria

## Apêndice F – Devolutivas e respostas da Etapa 4 (AHP)

A seguir são apresentadas as tabelas preenchidas pelos 3 tomadores de decisão:

### Tomador de decisão 1:

TABELA 31 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 1 (CRITÉRIOS)

<b>Crítérios mais importantes para a estratégia da organização</b>				
Tabela AHP 1	Financeiro	Cliente	Processos Internos	Aprendizado e Crescimento
Financeiro	1	5	6	5
Cliente		1	6	6
Processos Internos			1	6
Aprendizado e Crescimento				1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 32 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 1 – PERSPECTIVA FINANCEIRA (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Financeira</b>							
Tabela AHP 2	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	7	6	5	6	6	5
Confiabilidade nas entregas		1	6	6	7	6	4
Cobertura de estoque			1	4	6	6	6
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	5	5	4
Nível de serviço de entrega					1	7	5
Lead Time de Fabricação						1	3
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 33 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 1 –  
PERSPECTIVA CLIENTE (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Cliente</b>							
Tabela AHP 3	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	8	5	5	4	4	4
Confiabilidade nas entregas		1	7	4	6	5	5
Cobertura de estoque			1	7	7	6	6
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	4	6	5
Nível de serviço de entrega					1	7	5
Lead Time de Fabricação						1	4
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 34 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 1 –  
PERSPECTIVA PROCESSOS INTERNOS (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Processos Internos</b>							
Tabela AHP 4	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	6	7	5	5	3	3
Confiabilidade nas entregas		1	5	5	6	2	4
Cobertura de estoque			1	3	5	6	5
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	3	3	4
Nível de serviço de entrega					1	3	4
Lead Time de Fabricação						1	4
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 35 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 1 – PERSPECTIVA APRENDIZADO E CONHECIMENTO (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Aprendizagem e Conhecimento</b>							
Tabela AHP 5	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	4	5	4	5	3	3
Confiabilidade nas entregas		1	4	6	4	4	4
Cobertura de estoque			1	4	5	4	2
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	3	3	2
Nível de serviço de entrega					1	4	2
Lead Time de Fabricação						1	2
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

### Tomador de decisão 2:

TABELA 36 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 2 (CRITÉRIOS)

<b>Crítérios mais importantes para a estratégia da organização</b>				
Tabela AHP 1	Financeiro	Cliente	Processos Internos	Aprendizado e Crescimento
Financeiro	1	5	7	5
Cliente		1	7	7
Processos Internos			1	1
Aprendizado e Crescimento				1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 37 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 2 –  
PERSPECTIVA FINANCEIRA (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Financeira</b>							
Tabela AHP 2	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	2	3	2	3	5	4
Confiabilidade nas entregas		1	2	4	2	4	3
Cobertura de estoque			1	2	3	6	6
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados			0,5	1	4	6	7
Nível de serviço de entrega					1	2	4
Lead Time de Fabricação						1	4
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 38 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 2 –  
PERSPECTIVA CLIENTE (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Cliente</b>							
Tabela AHP 3	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	2	3	6	2	6	6
Confiabilidade nas entregas		1	3	5	2	5	7
Cobertura de estoque			1	2	3	4	6
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	6	2	1
Nível de serviço de entrega					1	7	7
Lead Time de Fabricação						1	4
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 39 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 2 –  
PERSPECTIVA PROCESSOS INTERNOS (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Processos Internos</b>							
Tabela AHP 4	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	2	2	3	2	3	5
Confiabilidade nas entregas		1	2	2	3	3	5
Cobertura de estoque			1	2	2	3	4
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	2	3	4
Nível de serviço de entrega					1	2	4
Lead Time de Fabricação						1	5
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 40 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 2 –  
PERSPECTIVA APRENDIZADO E CONHECIMENTO (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Aprendizagem e Conhecimento</b>							
Tabela AHP 5	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	3	3	2	3	3	6
Confiabilidade nas entregas		1	2	3	2	2	5
Cobertura de estoque			1	3	3	2	6
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	2	3	6
Nível de serviço de entrega					1	3	5
Lead Time de Fabricação						1	6
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

**Tomador de decisão 3:**

TABELA 41 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 3 (CRITÉRIOS)

<b>Crítérios mais importantes para a estratégia da organização</b>				
Tabela AHP 1	Financeiro	Cliente	Processos Internos	Aprendizado e Crescimento
Financeiro	1	7	7	7
Cliente		1	1	5
Processos Internos			1	7
Aprendizado e Crescimento				1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 42 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 2 – PERSPECTIVA FINANCEIRA (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Financeira</b>							
Tabela AHP 2	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	7	7	7	7	7	7
Confiabilidade nas entregas		1	7	1	1	1	7
Cobertura de estoque			1	1	7	7	1
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	7	7	7
Nível de serviço de entrega					1	1	7
Lead Time de Fabricação						1	7
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 43 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 2 –  
PERSPECTIVA CLIENTE (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Cliente</b>							
Tabela AHP 3	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	7	7	7	7	7	7
Confiabilidade nas entregas		1	1	5	1	6	7
Cobertura de estoque			1	2	1	7	7
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	1	7	7
Nível de serviço de entrega					1	7	7
Lead Time de Fabricação						1	7
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 44 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 2 –  
PERSPECTIVA PROCESSOS INTERNOS (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Processos Internos</b>							
Tabela AHP 4	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	7	7	7	7	7	7
Confiabilidade nas entregas		1	1	1	1	1	7
Cobertura de estoque			1	1	1	1	7
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	1	1	7
Nível de serviço de entrega					1	1	7
Lead Time de Fabricação						1	7
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 45 – TABELA PREENCHIDA PELO TOMADOR DE DECISÃO 2 –  
PERSPECTIVA APRENDIZADO E CONHECIMENTO (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Aprendizagem e Conhecimento</b>							
Tabela AHP 5	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	5	5	5	5	5	1
Confiabilidade nas entregas		1	5	5	5	5	1
Cobertura de estoque			1	5	5	5	1
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	5	5	1
Nível de serviço de entrega					1	5	1
Lead Time de Fabricação						1	1
Satisfação dos empregados							1

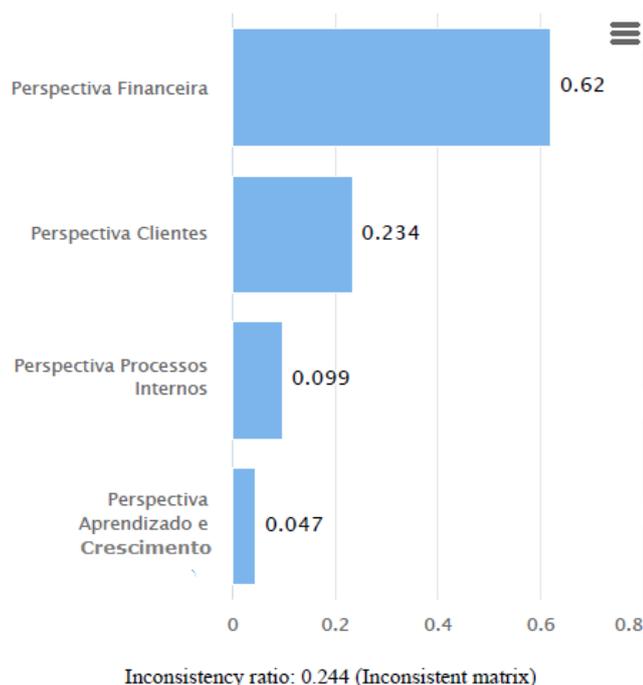
Fonte: Elaboração Própria

### Apêndice G – Primeira rodada de julgamentos do AHP (resultados inconsistentes)

As figuras a seguir apresentam os resultados do primeiro julgamento realizado na etapa 4 utilizando o AHP, partindo do ranqueamento dos critérios (perspectivas), das alternativas (indicadores) e finalmente em relação ao objetivo geral do modelo, que é a priorização dos indicadores do *Lean Logistics* baseados na estratégia da organização. Esse apêndice apresenta o resultado dos julgamentos desconsiderando as razões de inconsistência. Os resultados dos rejuilgamentos finais são apresentados no capítulo 4.5 dessa pesquisa.

A figura 44 apresenta o ranqueamento inicial dos critérios, desenvolvida com o auxílio do *software* OnlineOutput e de planilhas do *Excel*.

**FIGURA 44 –RANQUEAMENTO DAS PERSPECTIVASEM FUNÇÃO DO OBJETIVO**

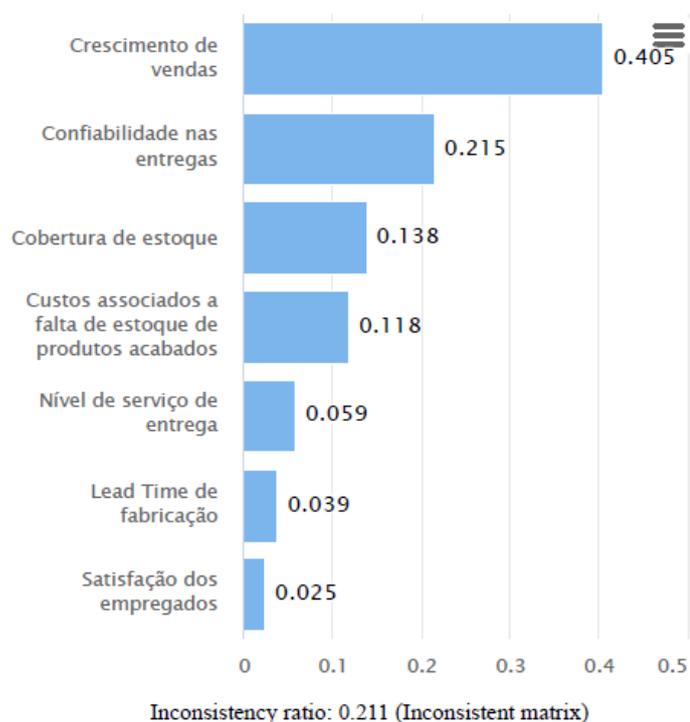


Fonte: Elaboração Própria

O resultado do gráfico, aponta a perspectiva financeira com o maior peso ante as demais perspectivas. Nesta matriz, a média aritmética dos 3 tomadores de decisão mostrou-se inconsistente, com uma razão de inconsistência de 0.244.

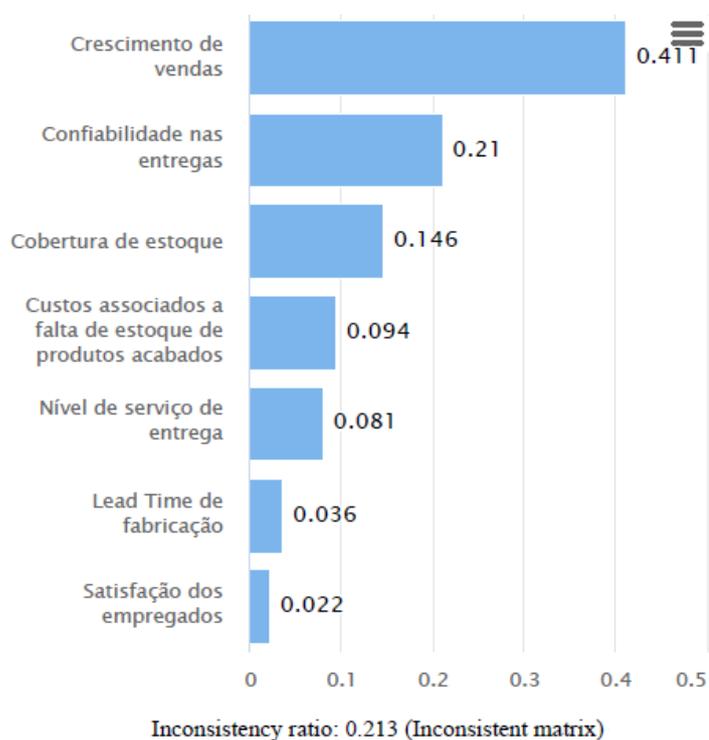
As figuras 45, 46, 47 e 48 apresentam o ranqueamento dos indicadores em função de cada critério definido (perspectiva), começando com a perspectiva financeira, e seguindo a sequência nas perspectivas dos clientes, processos internos e aprendizado e conhecimento.

**FIGURA 45 – RANQUEAMENTO DOS INDICADORES EM FUNÇÃO DA PERSPECTIVA FINANCEIRA**



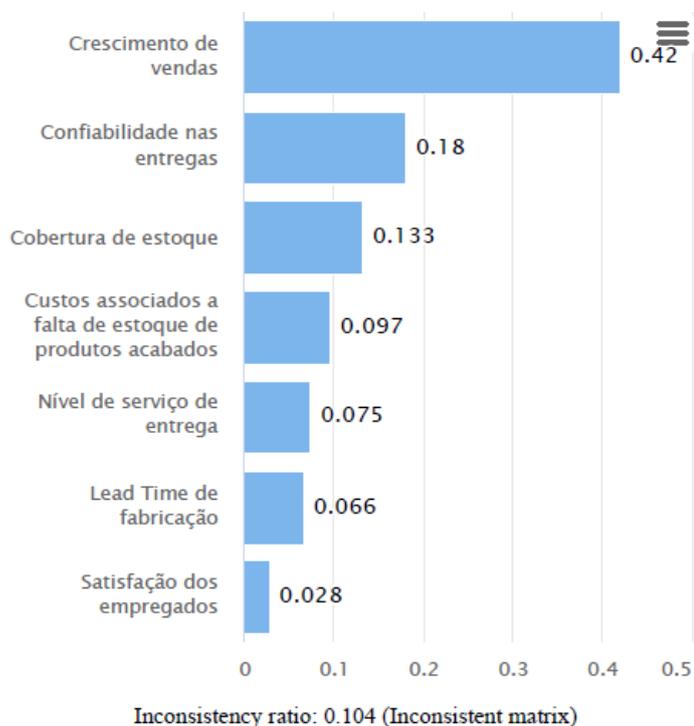
Fonte: Elaboração Própria

**FIGURA 46 – RANQUEAMENTO DOS INDICADORES EM FUNÇÃO DA PERSPECTIVA DOS CLIENTES**



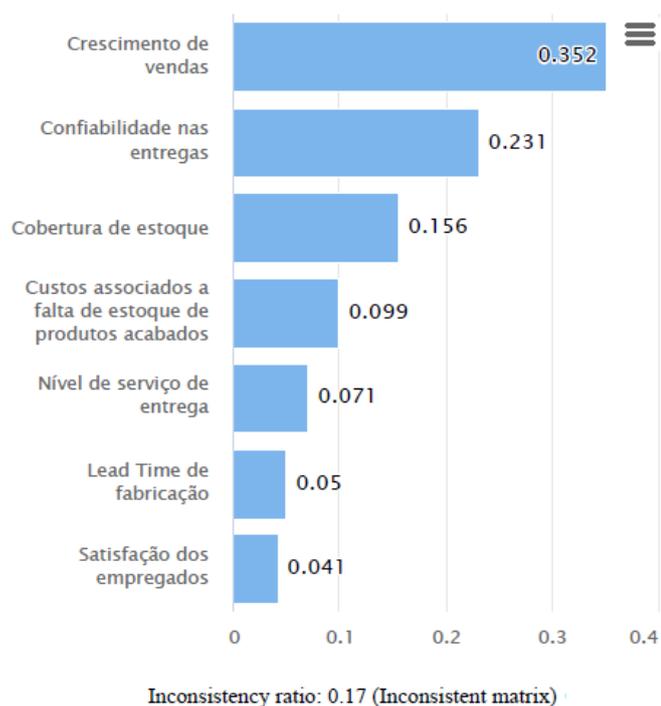
Fonte: Elaboração Própria

**FIGURA 47 – RANQUEAMENTO DOS INDICADORES EM FUNÇÃO DA PERSPECTIVA DOS PROCESSOS INTERNOS**



Fonte: Elaboração Própria

**FIGURA 48 – RANQUEAMENTO DOS INDICADORES EM FUNÇÃO DA PERSPECTIVA DE APRENDIZADO E CRESCIMENTO**

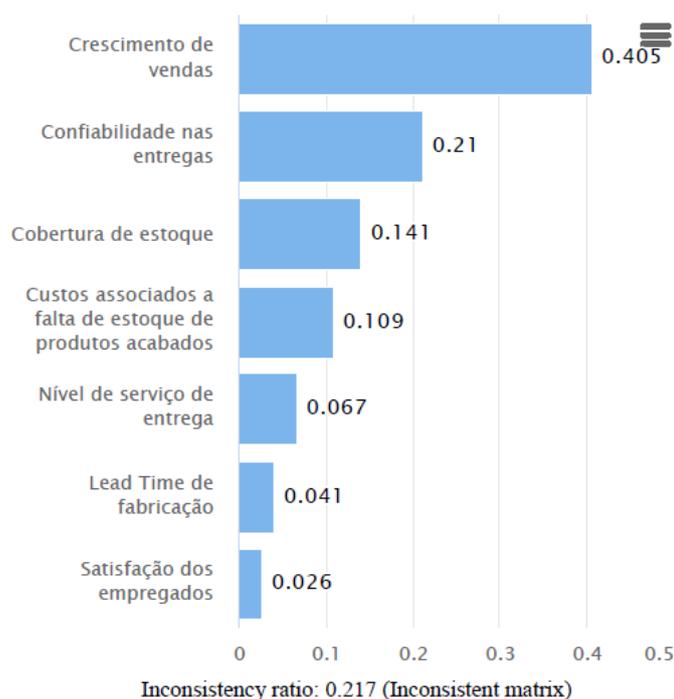


Fonte: Elaboração Própria

As figuras 45, 46, 47 e 48 apresentam a influência das quatro perspectivas nos pesos finais dos indicadores no ranqueamento. É possível observar que a lista de indicadores ranqueados se mantém a mesma nas quatro perspectivas, demonstrando a importância dada pelos tomadores de decisão pelo indicador, independente da perspectiva na qual foi avaliado. Os julgamentos das 4 matrizes mostraram-se inconsistentes, trazendo a necessidade de uma reavaliação junto aos decisores.

A figura 49 compila esses resultados e apresenta o ranqueamento final dos indicadores em função do objetivo geral do modelo que tem por finalidade priorizar os indicadores em função da estratégia da organização.

**FIGURA 49 –RANQUEAMENTO DOS INDICADORES EM FUNÇÃO DO OBJETIVO GERAL DO MODELO**



Fonte: Elaboração Própria

O capítulo 4.5 trouxe a rediscussão desses resultados com os tomadores de decisão, a fim de avaliar, sobretudo, as inconsistências das matrizes e avaliar através de uma análise de sensibilidade se o resultado dessa priorização de indicadores poderia trazer um ranqueamento diferente do apresentado nesse resultado inicial.

## Apêndice H – Rejulgamentos da Etapa 4 (AHP)

TABELA 46 – REJULGAMENTO DOS TOMADORES DE DECISÃO (CRITÉRIOS)

<b>Crítérios mais importantes para a estratégia da organização (Rejulgamento)</b>				
Tabela AHP 1	Financeiro	Cliente	Processos Internos	Aprendizado e Crescimento
Financeiro	1	4	7	8
Cliente		1	4	4
Processos Internos			1	3
Aprendizado e Crescimento				1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 47 – REJULGAMENTO DOS TOMADORES DE DECISÃO – PERSPECTIVA FINANCEIRA (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Financeira (Rejulgamento)</b>							
Tabela AHP 2	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	3	4	6	8	8	9
Confiabilidade nas entregas		1	4	4	7	8	9
Cobertura de estoque			1	3	4	7	8
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	3	4	6
Nível de serviço de entrega					1	3	4
Lead Time de Fabricação						1	4
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 48 – REJULGAMENTO DOS TOMADORES DE DECISÃO – PERSPECTIVA  
CLIENTE (ALTERNATIVAS)**

<b>Perspectiva - Clientes (Rejulgamento)</b>							
Tabela AHP 3	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	3	5	5	7	8	9
Confiabilidade nas entregas		1	3	3	4	7	8
Cobertura de estoque			1	2	5	7	8
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	3	5	6
Nível de serviço de entrega					1	4	6
Lead Time de Fabricação						1	3
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 49 – REJULGAMENTO DOS TOMADORES DE DECISÃO - PERSPECTIVA  
PROCESSOS INTERNOS (ALTERNATIVAS)**

<b>Perspectiva - Processos Internos (Rejulgamento)</b>							
Tabela AHP 4	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	5	4	4	5	4	5
Confiabilidade nas entregas		1	3	3	3	2	5
Cobertura de estoque			1	2	3	3	5
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	2	2	5
Nível de serviço de entrega					1	2	5
Lead Time de Fabricação					1	1	5
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria

TABELA 50 – REJULGAMENTO DOS TOMADORES DE DECISÃO – PERSPECTIVA APRENDIZADO E CONHECIMENTO (ALTERNATIVAS)

<b>Perspectiva - Aprendizado e Conhecimento (Rejulgamento)</b>							
Tabela AHP 5	Crescimento de vendas	Confiabilidade nas entregas	Cobertura de estoque	Custos associados a falta de estoque de produtos acabados	Nível de serviço de entrega	Lead Time de Fabricação	Satisfação dos empregados
Crescimento de vendas	1	3	3	3	4	4	3
Confiabilidade nas entregas		1	2	3	5	4	3
Cobertura de estoque			1	3	4	4	3
Custos associados a falta de estoque de produtos acabados				1	3	4	3
Nível de serviço de entrega					1	2	3
Lead Time de Fabricação						1	3
Satisfação dos empregados							1

Fonte: Elaboração Própria