Universidade do Minho
Escola de Engenharia

João Cláudio Ferreira Soares

Modelo de apoio à tomada de decisão quanto ao retrabalho de produtos defeituosos

março de 2019

Modelo de apoio à tomada de decisão quanto ao retrabalho de produtos defeituosos
João Cláudio Ferreira Soares
UMinho|2019

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

João Cláudio Ferreira Soares

Modelo de apoio à tomada de decisão quanto ao retrabalho de produtos defeituosos

Tese de Doutoramento em Engenharia Industrial e Sistemas

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Sérgio Dinis Sousa
e da
Professora Doutora Anabela Pereira Tereso

março de 2019

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente dissertação. Confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer forma de falsificação de resultados.

Mais declaro que tomei conhecimento integral do Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, 28/03/2019

Nome completo: João Cláudio Ferreira Soares

Assinatura: João Cláudio F. Soares

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Criador dos Céus e da Terra, minha inspiração diária, e ao Salvador Jesus Cristo por sua Obra e Sacrifício.

Agradeço à minha família. À minha querida e amada esposa Rebeca Soares, pela paciência, amor e dedicação nos momentos mais difíceis da minha caminhada. Ao meu filho Josué Soares, compreensivo nas minhas ausências, presente de Deus e motivo de alegria.

Agradeço aos meus orientadores, Professor Doutor Sérgio Dinis Sousa e a Professora Doutora Anabela Pereira Tereso, pelos ensinamentos que tornaram possível o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Agradeço à Universidade do Minho, ao Departamento de Produção e Sistemas e ao Centro ALGORITMI pela oportunidade de obter e transferir conhecimento científico e prático, principal motivação da minha vida acadêmica. O conhecimento é sem dúvida algo de valor imensurável e incontestável que deve ser multiplicado e valorizado em todos os meios e segmentos da sociedade.

Agradeço às empresas e profissionais que contribuíram para esta obra, somando-se 35 indústrias do Polo Industrial de Manaus (Brasil).

RESUMO

Grande parte dos trabalhos voltados para a análise e implementação dos modelos de custos da qualidade utilizam a base do Modelo PAF e a hipótese de que investimentos em prevenção e avaliação promovem redução dos custos de falhas. Não destacam a análise da destinação de produtos defeituosos, considerando os custos diretos, indiretos, e de oportunidade perdida para cada opção de destinação (descarte ou retrabalho com e sem reposição). Além disso, não há trabalhos que utilizam métodos ou modelos de decisão com identificação, contabilização e avaliação de efeitos e critérios de qualidade, produtividade e custo para definir a destinação de itens defeituosos da manufatura.

Esta tese propõe o desenvolvimento e aplicação de um modelo de apoio à tomada de decisão nas indústrias de produção em massa relativamente ao destino de produtos defeituosos que promova o menor custo e a qualidade requerida. O objetivo deste modelo é a redução do custo do defeito, e consequentemente redução dos custos das falhas e dos custos totais da qualidade.

O Modelo de Decisão apresentado foi desenvolvido com base na teoria dos custos da qualidade e de modelos de tomada de decisão, considerando os aspectos práticos da realidade através de recolha de dados, observação e vivência de indústrias do Polo Industrial de Manaus (Brasil). Trata-se de um Modelo de Decisão ajustado à realidade e que auxilia na construção do processo de decisão, indicando o levantamento de factos e dados e o planeamento das ações para escolha da melhor alternativa.

As contribuições específicas desta pesquisa são as seguintes: (i) a definição de uma estrutura sequencial de ações, efeitos e custos associados a itens defeituosos; (ii) a definição de uma abordagem abrangente em relação aos custos da qualidade com falhas, incluindo vários elementos de custos de oportunidade perdida como atrasos na entrega, indisponibilidades de recursos e impactos ambientais; (iii) a possibilidade de minimizar e reduzir os custos da qualidade com falha, e, consequentemente reduzir os custos totais da qualidade, sem necessariamente realizar investimentos em prevenção e avaliação; (iv) a descrição da utilização e aplicação da teoria construída na gestão prática da destinação de itens defeituosos da indústria; (v) a identificação das variáveis ou elementos de custo da qualidade mais representativos na existência de itens defeituosos (análise de sensibilidade);

e, (vi) a identificação de pontos de melhoria na gestão de eventuais futuros itens defeituosos, e, na localização dos pontos de detecção de defeitos da manufatura.

Palavras-Chave: Custos da qualidade, itens defeituosos, modelos de decisão.

ABSTRACT

Much of the work on the analysis and implementation of quality cost models uses the basis of the PAF Model and the hypothesis that investments in prevention and assessment promote reduction of failure costs. They do not emphasize the analysis of the destination of defective items, considering direct, indirect, and missed opportunity costs for each destination option (discard or rework with and without replacement). Also, there are no studies that use methods or decision models with identification, accounting and evaluation of effects and criteria of quality, productivity and cost to define the destination of defective items of the manufacture.

This thesis proposes the development and application of a decision support model in the mass production industries relative the destination of defective products that promotes the lowest cost and the required quality. The objective of this model is to reduce the cost of the defect, and consequently reduce the costs of failures and total quality costs.

The Decision Model presented was developed based on the theory of quality costs and decision-making models, considering the practical aspects of reality through data collection, observation and experience of Industrial Pole of Manaus (Brazil) industries. It is a Decision Model adjusted to reality that assists in the construction of the decision process, indicating the facts, data collection and the planning of the actions to choose the best alternative.

The specific contributions of this research are: (i) the definition of a sequential structure of actions, effects and costs associated with defective items; (ii) the definition of an comprehensive approach to quality costs with failure, including various elements of missed opportunity costs such as delays in delivery, resource outages and environmental impacts; (iii) the possibility of minimizing and reducing failure costs, and consequently reducing total quality costs, without necessarily investing in prevention and assessment; (iv) the description of the use and application of the built theory in the pratical management of the destination of defective items in the industry; (v) the identification of the variables or quality cost elements most representative in existence of defective items (sensitivity analysis); and (vi) the identification of improvement points in the management of possible future defective items, and, in the location of the manufacturing defect detection points.

KEYWORDS: Quality costs, defective items, decision models.

ÍNDICE

Índice de Figuras XV
Índice de Tabelas XIX
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos XXIII
1. Introdução 1
1.1 Enquadramento e motivação 3
1.2 Objetivos 4
1.3 Estrutura da tese 8
2. Revisão da Literatura 11
2.1 Qualidade 11
2.2 Custos da Qualidade 13
2.2.1 Modelos de Custos da Qualidade 13
2.2.2 Contabilidade versus Custos da Qualidade 19
2.2.3 Oportunidade perdida nos Custos da Qualidade 20
2.2.4 Medição dos Custos da Qualidade 21
2.2.5 Conclusões e considerações 21
2.3 Melhoria da qualidade 25
2.3.1 Melhoria da Qualidade versus Custos da Qualidade 25
2.3.2 Análise dos custos da qualidade na melhoria da qualidade 25
2.3.3 Mapeamento e implementação da gestão dos custos da qualidade 26
2.3.4 Conclusões e considerações 28
2.4 Processo decisório 29
2.4.1 Melhorias e custos da qualidade no processo decisório 29
2.4.2 Desenvolvimento do processo de decisão 30
2.4.3 Modelo de Simon e similares 35
2.4.4 Pesquisa Operacional 37
2.4.5 Modelo decisório racional 39
2.4.6 Modelos de decisão multicritério 41
2.4.7 Multiattribute Utility Theory 42
2.4.8 *Analytic Hierarchy Process* (AHP) 43
2.4.9 *Elimination and Choice Expressing Reality* (ELECTRE) 46

2.4.10 *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE) 47
2.4.11 Utilização de *software* na análise de decisão 48
2.4.12 Análise económica de investimentos 52
2.4.13 Conclusões e considerações 55
2.5 Medição de desempenho 57
2.5.1 Evolução histórica dos modelos de medição de desempenho 58
2.5.2 Implementação de modelos de medição de desempenho 59
2.5.3 Avaliação de desempenho 60
2.5.4 Conclusões e considerações 62
2.6 Sistema de custeio 63
2.6.1 Custeio Baseado em Atividades 64
2.6.2 Implementação de um Custeio Baseado em Atividades 67
2.6.3 Direcionadores de Custeio Baseado em Atividades 69
2.6.4 Alocação do Custeio Baseado em Atividades 70
2.6.5 Variação e rateio na medição de Custos 72
2.6.6 Vantagens e desvantagens da implementação do Custeio Baseado em Atividades 72
2.6.7 Interação entre o Custeio Baseado em Atividades e os Custos da Qualidade 76
2.6.8 Conclusões e considerações 79
3. Metodologia de Investigação 83
3.1 Processo de investigação 83
3.2 Planeamento de investigação 84
4. Estudo das Práticas Industriais de Destino das Unidades Defeituosas do PIM 89
4.1 Introdução 90
4.2 Elaboração do Questionário de Pesquisa 90
4.2.1 Enquadramento das empresas inquiridas 90
4.2.2 Elaboração de questões destinadas a identificar a realidade das práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM 92
4.2.3 Elaboração de questões destinadas a identificar a realidade, critérios e necessidade de um modelo de decisão para as práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM 97

4.3 Aplicação do Questionário de Pesquisa 101
4.3.1 Pré-teste do Questionário de Pesquisa 101
4.3.2 Envio do Questionários de Pesquisa e recolha de respostas 103
4.4 Análise dos resultados do questionário 104
4.4.1 Análise e definição de inconsistências nas respostas 104
4.4.2 Análise dos dados recolhidos no Questionário de Pesquisa 109
4.4.3 Análise dos resultados das respostas às questões destinadas a identificar a realidade das práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM 111
4.4.4 Análise dos resultados das respostas às questões destinadas a identificar a realidade, critérios e necessidade de um modelo de decisão para as práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM 122
4.5 Conclusões e considerações 135
5. Desenvolvimento do Modelo de Decisão 143
5.1 Definições, pressupostos e efeitos relativos ao modelo de decisão 143
5.2 Fluxo da Análise de Decisão 149
5.2.1 Facto 1 – Itens ou lote defeituoso? 155
5.2.2 Decisão 2 – Necessário reinspeção ou seleção? 155
5.2.3 Facto 3 – Defeito novo? 156
5.2.4 Facto 4 – Retrabalho atinge nível de qualidade requerida? 157
5.2.5 Decisão 5 – Retrabalhar? 158
5.2.6 Decisão 6 – Retrabalho com reposição? 159
5.2.7 Facto 7 – Item atingiu nível de qualidade requerida? 161
5.2.8 Facto 8 – Reposição do item defeituoso já foi realizada? 161
5.3 Desenvolvimento da árvore de decisão 163
5.4 Conclusões e considerações 175
6. Teste e Validação do Modelo 177
6.1 Recolha de dados 178
6.1.1 Caracterização do problema em estudo 178
6.1.2 Recolha de dados: Itens ou lote defeituoso 179
6.1.3 Recolha de dados: Reinspeção 180
6.1.4 Recolha de dados: Defeito 181
6.1.5 Recolha de dados: Nível de qualidade no retrabalho 182

6.1.6 Recolha de dados: Retrabalho 182
6.1.7 Recolha de dados: Retrabalho com reposição 184
6.2 Ajustes necessários identificados e implementados no Modelo 186
6.3 Análise de resultados 189
6.3.1 Análise da decisão proposta pelo modelo 196
6.3.2 Conclusões e considerações ao caso de estudo 200
6.4 Avaliação e validação do Modelo de Decisão 205
6.5 Conclusões e considerações 208
7. Conclusões e Considerações Finais 211
7.1 Práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM 211
7.1.1 Destinação de itens defeituosos 211
7.1.2 Critérios de decisão 212
7.2 Desenvolvimento do Modelo de Decisão 214
7.3 Teste do Modelo de Decisão 215
7.4 Validação do Modelo de Decisão 216
7.4.1 Contribuições 217
7.4.2 Vantagens 221
7.4.3 Limitações 222
7.5 Trabalhos futuros 224
Referências Bibliográficas 225
Apêndice I – Questionário de Teste 243
Apêndice II – Detalhamento da Avaliação de Inconsistências 247
Apêndice III – Descrição Detalhada do Fluxograma da Análise de Decisão para Preenchimento dos Efeitos na Qualidade, Produtividade e Custo (Manual de Utilizador) 261
Apêndice IV - Descrição Detalhada para Identificação e Preenchimento dos Efeitos na Qualidade, Produtividade e Custo (Manual de Utilizador) 265
Apêndice V – Caso de Estudo Complementar 295

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de enquadramento do problema de investigação 7
Figura 2 - Modelo PAF de custos da qualidade proposto por Juran e a categorização de Feigebaum (Modelo Clássico) 16
Figura 3 - Modelo de custo da qualidade proposto por Schneirderman (Modelo Moderno). 16
Figura 4 – Diagrama do Processo de Decisão 30
Figura 5 - Esquema representativo do fluxo de informações no custeio das atividades e dos objetos no Sistema ABC 65
Figura 6 - Esquema representativo proposto para o fluxo de informações no custeio das atividades de qualidade (PAF) para o custeio dos objetos (Produtos) no Sistema ABC..... 77
Figura 7 - Cabeçalho do Questionário de Pesquisa..... 91
Figura 8 – Gráfico de resultado das respostas à Questões 1 109
Figura 9 – Gráfico de agrupamento do resultado das respostas à Questões 1 110
Figura 10 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 4 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 111
Figura 11 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 6 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 112
Figura 12 – Gráfico de análise das respostas de Inspeção Automática e descartados em relação à Questão 12..... 113
Figura 13 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 12 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 114
Figura 14 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 13 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 116
Figura 15 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 14 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 118
Figura 16 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 15 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 120
Figura 17 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 16 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 121
Figura 18 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 2 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 122

Figura 19 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 7 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 123
Figura 20 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 8 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 124
Figura 21 – Gráfico de análise das respostas à Questão 8 em relação à Questão 11 125
Figura 22 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 11 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 127
Figura 23 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 17 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 128
Figura 24 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 18 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 129
Figura 25 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 19 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 131
Figura 26 – Gráfico de análise percentual das respostas à Questão 20 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 133
Figura 27 – Organograma de correlação na contabilização dos fatores em relação a decisão de destinação 135
Figura 28 – Representação gráfica do padrão de respostas na destinação retrabalho 139
Figura 29 – Representação gráfica do padrão de respostas na destinação descarte..... 140
Figura 30 – Fluxograma da análise de decisão..... 151
Figura 31 – Esboço da árvore de decisão com os respectivos caminhos percorridos pelo fluxograma de análise 165
Figura 32 – Decisão de descarte e os respectivos custos relacionados a cada caminho percorrido pelo fluxograma de análise 167
Figura 33 – Decisão de retrabalho com reposição e os respectivos custos relacionados a cada caminho percorrido pelo fluxograma de análise 168
Figura 34 – Decisão de retrabalho sem reposição e os respectivos custos relacionados a cada caminho percorrido pelo fluxograma de análise 168
Figura 35 – Árvore de Decisão modelada no PrecisionTree 171
Figura 36 – Fluxograma dos processos e atividades envolvidas na análise do caso de estudo 179

Figura 37 – Árvore de Decisão com decisões, factos e valores dos das Variáveis do Critérios do caso de estudo 193
Figura 38 – Configuração de análise de variações pelo TopRank 196
Figura 39 – Gráfico de radar do Ramo 1 gerado pelo TopRank 197
Figura 40 – Gráfico de radar do Ramo 5 gerado pelo TopRank 198
Figura 41 – Gráfico de radar do Ramo 10 gerado pelo TopRank 199
Figura 42 – Gráfico de resumo da análise de variações hipotéticas das decisões 201
Figura 43 – Gráfico de sensibilidade da Variável ACQ-O(RRp_p) 202
Figura 44 – Gráfico de sensibilidade da Variável ACQ-O(TRt_p) 203

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Questões e objetivos específicos de investigação 8
Tabela 2 – Modelos de Custos da Qualidade 15
Tabela 3 – Análise comparativa das categorias e Modelos de Custos da Qualidade 17
Tabela 4 – Análise comparativa dos Modelos de Custos da Qualidade 18
Tabela 5 - Escala Fundamental de Saaty – AHP 46
Tabela 6 – Matriz de desempenho da Alternativa B (PROMETHEE) 48
Tabela 7 – Exemplo de composição do custo unitário de um produto utilizando o Sistema ABC 65
Tabela 8 – Exemplo de composição do custo da qualidade por unidade e tipo produto utilizando o Sistema ABC 78
Tabela 9 - Informações iniciais do inquirido e da empresa 91
Tabela 10 - Questão 1 do Questionário de Pesquisa 92
Tabela 11 - Questão 3 do Questionário de Pesquisa 92
Tabela 12 - Questão 4 do Questionário de Pesquisa 93
Tabela 13 - Questão 5 do Questionário de Pesquisa 93
Tabela 14 - Questão 6 do Questionário de Pesquisa 94
Tabela 15 - Questão 12 do Questionário de Pesquisa 94
Tabela 16 - Questões 13, 14 e 15 do Questionário de Pesquisa 95
Tabela 17 - Questão 16 do Questionário de Pesquisa 96
Tabela 18 - Questão 2 do Questionário de Pesquisa 97
Tabela 19 - Questão 7 do Questionário de Pesquisa 97
Tabela 20 - Questões 8, 9, 10 e 11 do Questionário de Pesquisa 98
Tabela 21 - Questão 17 do Questionário de Pesquisa 99
Tabela 22 - Questão 18 do Questionário de Pesquisa 100
Tabela 23 - Questão 19 do Questionário de Pesquisa 100
Tabela 24 - Questão 20 do Questionário de Pesquisa 101
Tabela 25 - Resultado da Avaliação do Questionário de Teste 102
Tabela 26 - Envio do Questionário de Pesquisa e recebimento das respostas 103
Tabela 27 - Resumo das Inconsistências 104

Tabela 28 - Resultado geral da avaliação qualitativa de inconsistências dos 7 Questionários 107
Tabela 29 - Resultado quantitativo das respostas à Questão 20 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 132
Tabela 30 - Resultado da análise comparativa dos resultados da Questão 20 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 134
Tabela 31 – Conclusão - Questões em relação à destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 136
Tabela 32 - Resumo da análise dos dados de resposta às Questões em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1) 137
Tabela 33 – Relação entre Questão, hipótese validada, novo pressuposto e requisito do modelo 141
Tabela 34 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções do Facto 1 155
Tabela 35 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções de decisão 2 156
Tabela 36 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções do Facto 3 157
Tabela 37 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções do Facto 4 158
Tabela 38 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções de decisão 5 159
Tabela 39 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções de decisão 6 160
Tabela 40 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções do Facto 7 161
Tabela 41 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções do Facto 8 162
Tabela 42 – Caminhos comparados na decisão 164
Tabela 43 – Planilha de input dos factos/decisão e valores das variáveis da análise de decisão 173
Tabela 44 – Recolha de dados: Itens ou lote defeituoso 180
Tabela 45 – Recolha de dados: Reinspeção 181
Tabela 46 – Recolha de dados: Defeito 182
Tabela 47 – Recolha de dados: Retrabalho 184
Tabela 48 – Recolha de dados: retrabalho com reposição 185

Tabela 49 – Planilha de input dos factos/decisão e valores das variáveis da análise de decisão (caso de estudo) 191
Tabela 50 – Valores da combinação dos Critérios por Ramo e Decisão da Árvore 195
Tabela 51 – Resumo da análise de variações hipotéticas do RAMO 1 197
Tabela 52 – Resumo da análise de variações hipotéticas do RAMO 5 199
Tabela 53 – Resumo da análise de variações hipotéticas do RAMO 10 200
Tabela 54 – Resumo da análise de variações hipotéticas dos Ramos e Decisões 200
Tabela 55 – Trabalhos publicados com suposta limitação e contribuição desta pesquisa ... 218

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

Símbolo	Descrição
ABC	*Activity-Based Costing*
ACQ-A(T_{A_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Avaliação devido ao aumento no Tempo de Análise de melhorias como efeito na produtividade
ACQ-A(T_{Ri_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Avaliação devido ao aumento no Tempo de Reinspeção como efeito na produtividade
ACQ-F(N_{Def_q})	Aumento nos Custos da Qualidade com Falha devido ao aumento ou atualização do Número de itens Defeituosos como efeito na qualidade
ACQ-F(N_{Des_q})	Aumento nos Custos da Qualidade com Falha devido ao aumento do Número de itens para Descarte ou/e aumento na utilização de recursos pelo descarte como efeito na qualidade
ACQ-F(R_{RtR_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Falha devido ao aumento na utilização de Recursos pelo Retrabalho com Reposição como efeito na produtividade
ACQ-F(R_{Rt_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Falha devido ao aumento na utilização de Recursos pelo Retrabalho sem reposição como efeito na produtividade
ACQ-O(O_{Des_q})	Aumento nos Custos da Qualidade com Oportunidade perdida devido a Outros aumentos no Descarte como efeito na qualidade
ACQ-O(O_{RtR_q})	Aumento nos Custos da Qualidade com Oportunidade perdida devido a Outros aumentos no Retrabalho com Reposição como efeito na qualidade
ACQ-O(O_{Rt_q})	Aumento nos Custos da Qualidade com Oportunidade perdida devido a Outros aumentos no Retrabalho sem reposição como efeito na qualidade
ACQ-O(R_{AD_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Oportunidade perdida devido ao aumento no risco de impacto Ambiental ou infração da legislação no Descarte como efeito na produtividade
ACQ-O(R_{Rp_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Oportunidade perdida devido ao aumento na utilização de Recursos na Reposição como efeito na produtividade
ACQ-O(T_{E_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Oportunidade perdida devido ao aumento ou atualização no Tempo de Entrega pela reposição como efeito na produtividade
ACQ-O(T_{IA_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Oportunidade perdida devido ao aumento no Tempo de Indisponibilidade de recursos na Análise como efeito na produtividade

Símbolo	Descrição
ACQ-O(T_{ID_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Oportunidade perdida devido ao aumento no Tempo de Indisponibilidade de recursos no Descarte como efeito na produtividade
ACQ-O(T_{IRi_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Oportunidade perdida devido ao aumento no Tempo de Indisponibilidade de recursos na Reinspeção como efeito na produtividade
ACQ-O(T_{IRp_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Oportunidade perdida devido ao aumento no Tempo de Indisponibilidade de recursos na Reposição como efeito na produtividade
ACQ-O(T_{IRt_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Oportunidade perdida devido ao aumento no Tempo de Indisponibilidade de recursos no Retrabalho sem reposição como efeito na produtividade
ACQ-O(T_{IRtR_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Oportunidade perdida devido ao aumento no Tempo de Indisponibilidade de recursos no Retrabalho com Reposição como efeito na produtividade
ACQ-O(T_{Rt_p})	Aumento nos Custos da Qualidade com Oportunidade perdida devido ao aumento no Tempo de reposição pelo Retrabalho como efeito na produtividade
AHP	*Analytic Hierarchy Process*
COPRAS	*Complex Proportional Assessment*
ELECTRE	*Elimination et Choix Traduisant la Réalité / Elimination and Choice Expressing Reality*
GRA	*Grey Relation Analysis*
h	hora
IL	Índice de Lucratividade
ISO	*International Organization for Standardization*
MAUT	*Multiattribute Utility Theory*
min	minuto
PAF	*Prevention, Appraisal and Failure*
PCM	*Process Cost Model*
PIM	Polo Industrial de Manaus
PO	Pesquisa Operacional
PMP	Planeamento Mestre de Produção
PROMETHEE	*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*
R$	Moeda brasileira chamada “Real ou Reais”

Símbolo	Descrição
ROI	*Return on Investiment*
s	segundo
SMD	Sistemas de Medição de Desempenho
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
T-ODA	*Trade-Off Decision Analysis*
TOPSIS	*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*
un	unidade / unidades (referente a quantidade)
VIKOR	*VlseKriterijuska Optimizacija I Komoromisno Resenje*
VPL	Valor Presente Líquido

1. INTRODUÇÃO

Os processos de fabricação industrial tendem em algum momento a apresentar falhas, problemas e consequentemente defeitos nos produtos ou componentes resultantes. Isso porque factores e fenómenos aleatórios e sistemáticos podem surgir ao longo do tempo por questões gerenciais ou limitações técnicas, principalmente ligadas a desgaste, fadiga e falhas de operação (Juran & Godfrey, 1999; Lim, Sherali, & Glickman, 2015). Essas falhas podem ter origens em diversos mecanismos, ou mesmo, na combinação destes, necessitando de análise para identificação e solução das causas raiz.

Nas fases iniciais de produção de um novo produto, as falhas internas podem relacionar-se com o processo de desenvolvimento do produto ou com a gestão do projeto. Mas, ao longo do ciclo de vida, as falhas internas podem relacionar-se principalmente com as variações nos processos de fabricação, matérias-primas, ou mesmo a movimentação e fluxos dos materiais (Campanella, 1999; Lim et al., 2015).

Para manter ou melhorar a confiabilidade do processo é necessária análise para eliminação das causas destas falhas, permitindo também aprender e rever os padrões e níveis de qualidade estabelecidos.

As falhas representam custos indesejáveis e não necessariamente planeados, contudo, estimados em níveis aceitáveis na maioria das empresas, principalmente por se considerar que a perfeição é uma meta procurada pela melhoria contínua, mas jamais alcançada quantitativamente, sendo necessário o estabelecimento de metas mensuráveis e possíveis dentro de cada realidade.

Os investimentos e custos com planeamento e controlo de qualidade são variáveis determinantes nos resultados e níveis de falhas e defeitos (Campanella, 1999).

Uma parte dos custos da qualidade compreende gastos com produtos defeituosos, incluindo-se nestes o retrabalho, a sucata, a oportunidade perdida por não produzir, não expedir, não entregar, não vender, substituições em garantia e perda de vendas e clientes. O retrabalho consiste em processar novamente um produto ou serviço que não atingiu os objetivos ou níveis de qualidade propostos por especificações ou funcionalidades. Nesse sentido, o retrabalho configura-se como um problema ou solução de dimensões técnicas, financeira e de gestão. Primeiro identificam-se produtos defeituosos numa determinada

etapa do processo produtivo. Esses produtos defeituosos podem ser reparados ou enviados para a sucata. Se forem enviados para a sucata podem representar um crédito para a empresa. Se forem retrabalhados podem vir a reintegrar o lote de produtos dentro das especificações técnicas. Dessa forma, o retrabalho pode tornar-se uma solução para o descarte de produtos defeituosos desde que atenda aos níveis de qualidade especificados e que comparativamente ao descarte seja mais viável, ou seja, de menor custo, promovendo a redução do custo com a falha e consequentemente a redução das falhas e dos custos totais da qualidade (Chopra & Garg, 2011; Crosby, 1979; Sandoval-Chávez & Beruvides, 1998).

Portanto, considerando os materiais e recursos empregues nos produtos com defeito, as indústrias de produção em massa, além da análise de causas, implementação de soluções e melhorias, devem decidir sobre o seu destino, avaliando todas as possibilidades e oportunidades, avaliando a viabilidade técnica e económica, ou seja, a qualidade requerida, várias categorias de custos e eventualmente outros factores que possam advir desse problema.

Em relação aos processos decisórios e à tomada de decisão, racionalidade e subjetividade estão juntas e complementam-se. Apesar de utópico, a racionalidade absoluta busca a decisão perfeita. Considera que os agentes responsáveis pelo processo sejam capazes de identificar perfeitamente o problema, considerem as alternativas possíveis, possam analisar as consequências das alternativas e escolher a de melhor resultado. Essa teoria desconsidera as incertezas e riscos no processo decisório, e ainda a limitada percepção humana, existente mesmo com um alto nível de capacitação e experiência. Mais próximo da realidade, é considerar a existência da subjetividade nas decisões e procurar, através de métodos e modelos, reduzi-la a níveis mínimos e aceitáveis. Em situações específicas, onde se exige do agente de decisão experiência e conhecimento apurado, essa subjetividade extra método, participante da estruturação do problema, pode ajudar na solução de problemas complexos (Robbins & Coulter, 2012).

A decisão é uma escolha entre várias alternativas e o processo decisório, uma forma de estruturação da problemática da decisão, que tem por objetivo a identificação da melhor opção. Essa estruturação deve ser construída por etapas que incluam a definição do problema, os objetivos da decisão, a identificação de alternativas, a definição de critérios, e

a ponderação de critérios e alternativas que indiquem as melhores alternativas (Bazerman & Moore, 2013; R. Russo & Camanho, 2015; Simon, 1977).

A necessidade da decisão pode ser programada ou não. As decisões programadas são normalmente estruturadas por padrões de trabalho e procedimentos que devem ser seguidos, sendo parte da rotina das organizações. Os problemas novos requerem decisões inéditas, desestruturadas e sem qualquer histórico de decisões anteriores que auxilie no processo (Bazerman & Moore, 2013; R. Russo & Camanho, 2015; Simon, 1977).

A tomada de decisão está mais complexa, pois inicialmente demanda do gestor a capacidade de selecionar um de entre os vários métodos de apoio existentes ou optar pela formulação e construção de um próprio. O aumento de oportunidades e da evolução dos métodos de avaliação dos riscos, incertezas, critérios, alternativas e informações disponíveis contribuem para essa complexidade. O processo decisório deve ser construído a partir da observação de uma realidade, auxiliado por métodos adequados e adaptados de tratamento de informações que auxiliem as escolhas. A compreensão da realidade é desempenhada pela experiência, conhecimento, habilidade e capacidade dos decisores e especialistas, e, os sistemas e modelos identificam e corrigem excessos e tendências não lógicas para em conjunto produzirem a decisão.

1.1 Enquadramento e motivação

A teoria dos custos da qualidade não destaca a redução do custo da falha através da destinação de produtos defeituosos. Verificam-se possibilidades de minimizar os custos da falha na destinação de produtos defeituosos ao analisar os vários fatores envolvidos. Essa problemática, motivadora, agrava-se pela ausência limitante de estudos e referências sobre custos da qualidade que destaquem uma análise teórica e prática dos aspectos e critérios com impacto no destino de produtos defeituosos, tendo alternativas como descarte ou retrabalho e critérios de viabilidade económica que envolvam custos diretos, indiretos, e de oportunidade perdida na fabricação desses produtos defeituosos. Fica ainda mais distante a existência de trabalhos que relacionam essa destinação de produtos defeituosos, a métodos e modelos de decisão na quantificação de critérios de qualidade e custo.

O Polo Industrial de Manaus (PIM) possui um faturamento anual (2016) de aproximadamente US$ 20 bilhões. Cerca de 15% deste faturamento representa o segmento de duas rodas com aproximadamente 900 mil motocicletas produzidas em 2016 (cerca de 95% comercializadas no Brasil), sendo que cada motocicleta possui em média 1200 itens (componentes). São aproximadamente 40 indústrias registradas nesse segmento, entre montadoras e fornecedores (CNI, 2016; SUFRAMA, 2016). Cada indústria produz vários componentes, e cada componente possui fabricação e estrutura específica, como pequenas fábricas dentro de uma grande fábrica. Normalmente os sistemas produtivos estão orientados ao produto e processo específico, com características próprias, como por exemplo montagem, pintura, fundição, soldagem, usinagem, etc., de um componente específico. A produção de motocicletas do PIM é predominantemente dominada por marcas japonesas mundialmente conhecidas como Honda (*market share* de 80% no Brasil) e Yamanha (*market share* de 10% no Brasil) que implementaram suas técnicas e filosofias de produção no Brasil. O acesso às práticas produtivas dessas empresas torna esta pesquisa viável quanto ao levantamento de dados, teste e aplicação da teoria que será desenvolvida, como forma de consolidação da pesquisa.

1.2 Objetivos

Esta tese propõe o desenvolvimento e aplicação de um modelo de apoio à tomada de decisão nas indústrias de produção em massa relativamente ao destino de produtos defeituosos. O objetivo deste modelo é a redução do custo do defeito, e consequentemente redução dos custos das falhas e dos custos totais da qualidade.

A proposta considera as limitações dos modelos de custos da qualidade, que apesar das categorias de não conformidade (falhas internas e externas), não destacam a análise da destinação de produtos defeituosos, considerando os custos diretos, indiretos, e de oportunidade perdida para cada opção de destinação, incluindo os tempos e prazos envolvidos e suas consequências financeiras e da própria satisfação do cliente, além de questões políticas e filosóficas da empresa que se queiram incluir. Não há trabalhos que relacionam a decisão quanto ao destino de produtos defeituosos, com métodos e modelos de decisão utilizando critérios de qualidade e custo.

A Figura 1 apresenta um fluxograma de enquadramento do problema de investigação. Pode-se ver ao centro o problema de decisão e alguns critérios relacionados. Identifica-se as variáveis “t” (tempo) e “c” (custo) para as etapas influentes e consequentes relacionadas com o problema da decisão. O objetivo do Processo P_i (um processo qualquer de uma produção), é enviar uma peça não defeituosa ao Processo seguinte P_{i+1}. Contudo, eventuais defeitos de peças (ou lotes), componentes, subprodutos ou produtos podem ocorrer requerendo uma decisão que promova o menor custo e a qualidade. A partir do Fluxograma da Figura 1 verificam-se várias possibilidades de combinação para que uma peça não defeituosa chegue ao Processo seguinte P_{i+1}.

Os tempos e custos adicionais apresentados na Figura 1, estão identificados e descritos da seguinte forma:

t_0 = tempo de inspeção planeada na produção;

t_1 = tempo adicional para reinspecionar item defeituoso;

t_2 = tempo adicional para analisar defeito;

t_3 = tempo adicional para descartar item defeituoso;

t_4 = tempo adicional para repor item defeituoso;

t_5 = tempo adicional para retrabalhar item defeituoso;

c_0 = custo de inspeção planeada na produção;

c_1 = custo adicional para reinspecionar item defeituoso;

c_2 = custo adicional para analisar defeito;

c_3 = custo adicional para descartar item defeituoso;

c_4 = custo adicional para repor item defeituoso;

c_5 = custo adicional para retrabalhar item defeituoso.

Descartar um item defeituoso consiste em sucatear total ou parcialmente, reaproveitar como resíduo ou refugo. Isso ocorre mesmo na venda do item defeituoso por valor menor do que o investido (configurando perda financeira).

Repor um item defeituoso consiste em planear a produção de um novo item, a fim de atender às necessidades quantitativas de itens nos processos seguintes, considerando clientes internos e externos.

Retrabalhar consiste em restabelecer excepcionalmente uma ou várias características ou requisitos de um item defeituoso, não atendidos dentro do fluxo produtivo planeado inicialmente.

A consequente decisão de descarte de produtos defeituosos calha na necessidade de definir uma estratégia de reposição do item defeituoso no processo seguinte. Quando por avaliação estatística as taxas de defeito são conhecidas, há a possibilidade de planear antecipadamente essa reposição no Planeamento Mestre de Produção (PMP). Os prazos de entrega e tempos de processamento (*lead time*) são fatores influentes para uma estratégia de previsão antecipada, ou planeada no próximo PMP. Quando há prazo disponível, os defeitos do lote anteriores podem ser planeados em PMP posterior ou em regime de horas-extras, quando dados os limites de capacidade produtiva não há tempo disponível no horário normal. Ainda há situações nas quais as quantidades de defeitos são aleatórias e pequenas, podendo ser realizada a reposição ao fim dos turnos de trabalho.

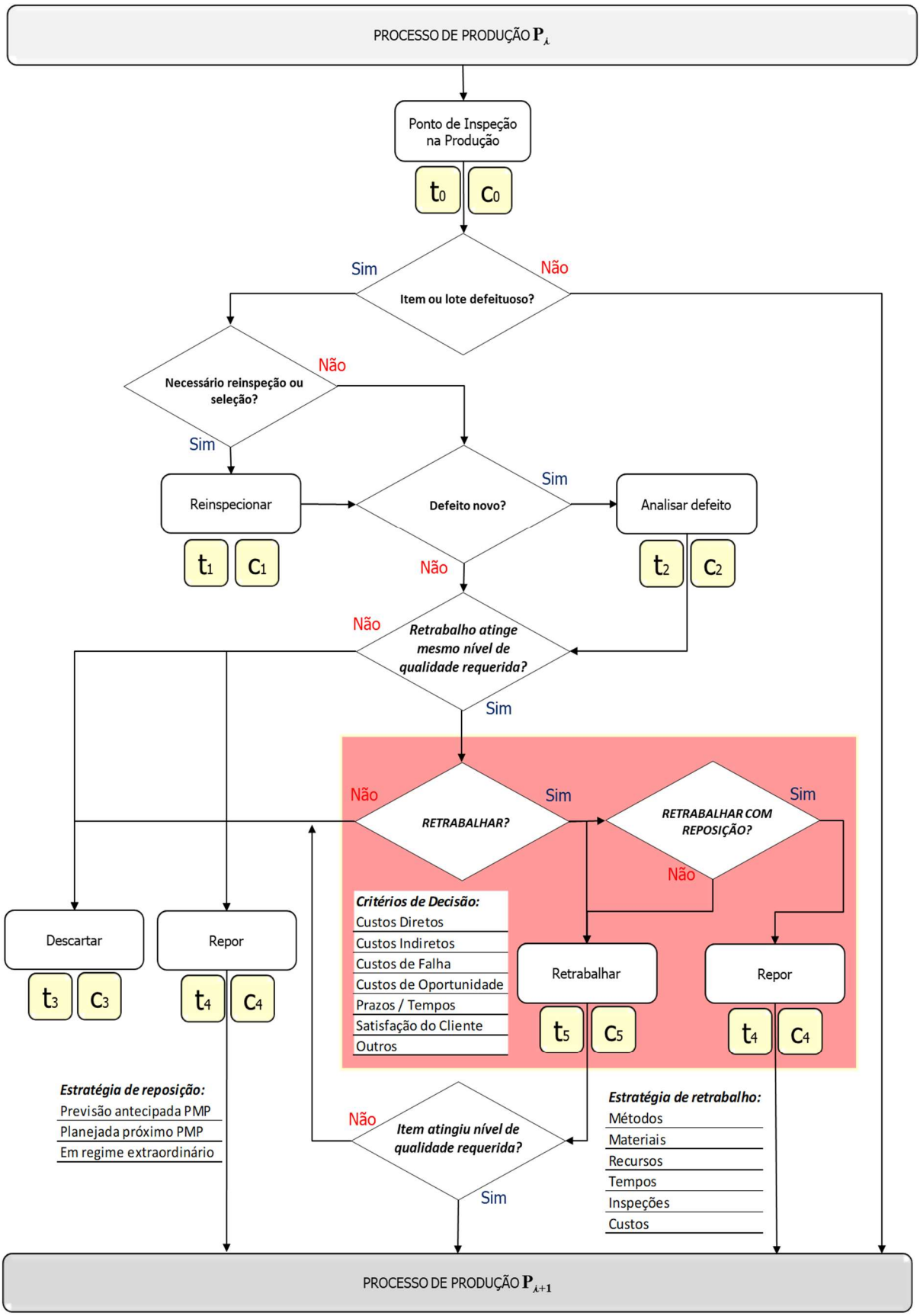


Figura 1 - Fluxograma de enquadramento do problema de investigação

Na Tabela 1 são apresentados os objetivos específicos associados às questões de investigação, tendo por base o objetivo geral.

Tabela 1 – Questões e objetivos específicos de investigação

Objetivo Geral Desenvolver um modelo de apoio à decisão relativamente à destinação de produtos defeituosos da indústria de produção em massa que promova o menor custo e a qualidade requerida.	
Questão de Investigação	**Objetivo Específico de Investigação**
1) Qual é o destino que as indústrias de produção em massa no segmento de moto peças dão aos produtos acabados, produtos intermediários, subprodutos e componentes defeituosos?	Identificar a realidade das indústrias de produção em massa do segmento de moto peças quanto à decisão de destinação de produtos defeituosos.
2) Quais são os critérios e as metodologias que as indústrias a estudar usam para tomar a decisão relativamente aos produtos defeituosos?	Definir critérios de decisão.
3) Como se pode definir um sistema de apoio à decisão relativamente à destinação de produtos defeituosos?	Propor um modelo de decisão.
4) As práticas atuais das indústrias a estudar promovem o menor custo e a qualidade?	Testar o modelo através de sua aplicação em casos de decisão nas indústrias a estudar e comparar com suas práticas atuais quanto a essa decisão.
5) Quais vantagens, desvantagens e limitações da utilização de um modelo sistemático de decisão?	Identificar uma real redução nos custos da falha nos custos totais da qualidade.

1.3 Estrutura da tese

Este trabalho encontra-se dividido em 7 capítulos: Introdução, Revisão da Literatura, Metodologia de investigação, Estudo das práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM, Desenvolvimento do Modelo de Decisão, Teste e validação do Modelo, Conclusões e considerações finais.

No Capítulo 1, Introdução, descrevem-se o enquadramento e motivação, objetivos e a estrutura da Tese.

No Capítulo 2, Revisão da Literatura, apresentam-se conceitos, aspectos relacionados a construção da teoria e as limitações referentes à Qualidade, Custos da Qualidade, Melhoria da Qualidade, Processo decisório, Medição de Desempenho e Sistema de Custeio.

No Capítulo 3, Metodologia de investigação, são identificados e descritos os Processos de investigação e o Planeamento de investigação.

No Capítulo 4, Estudo das práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM, apresenta-se a Elaboração do Questionário de Pesquisa, a Aplicação do Questionário de Pesquisa e a Análise dos resultados do questionário.

No Capítulo 5, Desenvolvimento do Modelo de Decisão, apresentam-se as Definições, Pressupostos e Efeitos relativos ao Modelo de Decisão, o Fluxo da Análise de Decisão e o Desenvolvimento da árvore de decisão.

No Capítulo 6, Teste e validação do Modelo, apresenta-se a recolha dos dados do caso de estudo, os Ajustes necessários identificados e implementados no Modelo, a Análise de resultados e a Avaliação e validação do Modelo de Decisão.

No Capítulo 7, Conclusão e considerações finais, são apresentadas todas as conclusões e considerações finais relativas ao desenvolvimento da pesquisa.

Finalmente apresentam-se as Referências, onde estão referidas todas as fontes citadas na elaboração desta pesquisa.

O Apêndice I mostra o Questionário de teste aplicado e usado no Capítulo 4.

O Apêndice II mostra o detalhamento da avaliação de inconsistências realizada no Capítulo 4 após o recebimento das respostas.

Nos Apêndices III e IV estão as descrições detalhadas do Fluxograma da Análise de Decisão para identificação e preenchimento dos efeitos na qualidade, produtividade e custo como um manual de utilizador.

O Apêndice V mostra um caso de estudo complementar de aplicação do Modelo desenvolvido pela própria indústria, utilizando os Apêndices III e IV.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O custo da qualidade é o tema central desta revisão de literatura, considerando as limitações de estudo encontradas e os objetivos da pesquisa. Os custos da qualidade são uma parte integrante do estudo da qualidade desde os primeiros pressupostos estabelecidos por Juran. Neste contexto, abordam-se os modelos de custos da qualidade, a relação entre a contabilidade tradicional e os custos da qualidade, os custos de oportunidade perdida na qualidade, a teoria e a prática da medição e implementação de modelos de custos da qualidade. Além disso, ainda considerando os objetivos da pesquisa, aborda-se o processo decisório que envolve o desenvolvimento científico da área, as formulações iniciais, passando à pesquisa operacional e aos modelos multicritério atualmente utilizados. De forma complementar e contextualizado os estudos de custos da qualidade e processo decisório, aborda-se a medição de desempenho e sistema de custeio. Na medição de desempenho apresenta-se a evolução dos modelos de medição de desempenho, a relação da medição de desempenho e dos processos de decisão, e, o desenvolvimento e implementação de modelos de medição de desempenho com indicadores de custos para a tomada de decisão. No sistema de custeio aborda-se a implementação e interação do custeio baseado em atividades com os custos da qualidade, considerando pressupostos teóricos e práticos.

Este capítulo está organizado nas seguintes secções: Qualidade, Custos da Qualidade, Melhoria da Qualidade, Processo decisório, Medição de Desempenho e Sistema de Custeio.

2.1 Qualidade

A qualidade é a conformidade do produto com os requisitos e especificações técnicas, desde que reconhecidamente estas especificações sejam as desejáveis pela perspectiva do cliente e realmente funcionais aos objetivos do produto (Juran & Godfrey, 1999).

Outras perspectivas do termo qualidade podem ser utilizadas considerando diferentes pontos de vista, pois o significado da palavra não é definitivo, sendo aplicado em vários contextos. Em relação a produtos e serviços comercializados, a satisfação dos clientes é na adequação ao uso, atendimento de exigências, relação custo-benefício, valor agregado e

diferenciais em relação à concorrência. Os clientes avaliam, com base em várias características específicas como dimensão, cor, durabilidade, aparência, estética, funções e segurança, relacionando-as ao preço que estão pagando. Parte dos clientes tem dificuldade em definir seus próprios critérios de qualidade o que colabora para a complexidade das definições do termo. Contudo, sabem precisar quanto um produto os satisfaz ou atende suas expectativas, por isso as empresas devem provocar a manifestação dos clientes através de pesquisas de satisfação específicas (Weckenmann, Akkasoglu, & Werner, 2015).

As empresas devem conhecer seus clientes e propor os critérios de qualidade de forma clara e objetiva, transformando-os em especificações do produto durante o desenvolvimento dos projetos. As especificações devem ser testadas nas mesmas ou maiores condições de exigência e uso dos clientes, antes e durante todo o período de comercialização. Após o início da comercialização, o próprio cliente pode fornecer *feedback* dessa qualidade. A engenharia quantifica as especificações e define os níveis de controle para que o processo produtivo atinja a qualidade do projeto (Weckenmann et al., 2015).

A qualidade global de um produto será formada através de uma rede de relações, que inicia nos requisitos do cliente e se estende aos projetos dos componentes e processos de fabricação relacionados. Todo o processo está interligado, a qualidade parte da menor divisão do sistema para o todo, através de uma cadeia de valor, até fornecer ao cliente o produto. O processo começa na recolha de dados com o cliente; transforma-se essa informação abstrata em evidência através de análise; corrige ou melhora a especificação; testa, aprova, implementa e monitora as alterações (Soares, Sousa, & Nunes, 2012).

Na fabricação, o foco é planear, controlar e melhorar processos, com o intuito de reduzir ou eliminar erros que originam produtos defeituosos, com uma ou mais características fora das especificações. Na elaboração da estratégia da qualidade, a organização deve considerar a natureza do seu negócio, seu porte e suas características específicas, identificando as diferenças entre as exigências dos clientes e as atuais capacidades e limitações do seu sistema produtivo em atender o requerido. A mobilização de esforços e recursos para promover a satisfação do cliente está associada diretamente a custos que se podem traduzir em lucros quando geridos adequadamente, e os clientes desejarem pagar por isso (Juran & Godfrey, 1999; Soares et al., 2012; Weckenmann et al., 2015).

2.2 Custos da Qualidade

Os custos da qualidade são uma parte integrante do estudo da qualidade. Nesta secção, abordam-se os modelos de custos da qualidade, a relação entre a contabilidade tradicional e os custos da qualidade, os custos de oportunidade perdida na qualidade, e a teoria e a prática da medição e implementação de modelos de custos da qualidade.

2.2.1 Modelos de Custos da Qualidade

Há uma divergência na utilização do termo custos da qualidade, que normalmente está associado a gastos sem retorno financeiro. Mas a qualidade de um produto, e os respectivos custos, deve considerar a satisfação dos clientes e o lucro que a empresa terá na sua comercialização. Contudo, pela óptica da engenharia de produto e processo, requisitos de qualidade podem ser quantificados e mensurados, tanto pela capacidade técnica dos processos, como pelos custos com atividades e recursos empregados (Chopra & Garg, 2012; Duarte, Oliveira, & Santos, 2016; Fons, 2012; Juran & Godfrey, 1999; Kiani, Shirouyehzad, Khoshsaligheh Bafti, & Fouladgar, 2009).

Diversas abordagens foram sugeridas para identificar os custos da qualidade, o que culminou nos cinco Modelos mais usados atualmente, conforme apresentados na Tabela 2, conhecidos como: Modelo PAF (Custos com Prevenção, Avaliação e Falhas); O Modelo de Custo de Processo (PCM); O Modelo dos Custos com Oportunidade Perdida que analisa custos tangíveis e intangíveis devido a perdas; O Modelo de Crosby, com similaridades ao Modelo PAF, que agrupa os custos da qualidade em custos com conformidade e custos com não conformidade; e o Modelo ABC, que inclui os custos indiretos na composição dos custos da qualidade (Arabian, Jourabchi, Leman, & Ismail, 2013).

Os conceitos que envolvem a gestão dos custos da qualidade tem como objetivo facilitar a classificação das atividades relacionadas a estes custos, e auxiliar com isso nos programas de melhoria da qualidade e consequente redução de desperdícios e consequentemente a redução dos custos totais da qualidade (Chopra & Garg, 2011).

O modelo PAF, de classificação dos custos da qualidade, foi proposto por Feigenbaum (1956) e prevê três categorias ou grupos: prevenção; avaliação; e falhas. Esta última dividida em falhas internas, que ocorrem antes da entrega, e falhas externas, que ocorrem após a

expedição do produto, normalmente percebida pela reclamação dos clientes ou solicitações de garantia (Feigenbaum, 1983).

Os custos com prevenção são aqueles destinados à implementação e manutenção de atividades e seus respectivos recursos para a não ocorrência de falhas. São considerados investimentos em qualidade pois, quando aplicados a partir de uma estratégia consolidada, verifica-se na análise de dados e indicadores que reduzem defeitos e desperdícios, conduzindo a uma melhoria contínua da qualidade (Chopra & Garg, 2011).

Os custos com avaliação são aqueles destinados à implementação e manutenção de atividades e respectivos recursos, para avaliar, medir ou inspecionar se o produto após produzido, ou em etapas intermediárias de produção, está de acordo com os requisitos e especificações planeadas no projeto. Dessa forma, verifica-se que o aumento das atividades de prevenção, focadas na redução de falhas, também reduzem atividades de avaliação, já que deixam de serem necessárias (Chopra & Garg, 2012; Crosby, 1979; Schiffauerova & Thomson, 2006, 2013).

Os custos com falhas são aqueles destinados a inutilização ou correção de defeitos nos produtos, subprodutos ou componentes que não apresentam conformidade com as especificações definidas. A inutilização sugere normalmente o envio do produto para sucata ou o seu reaproveitamento. Já a correção de defeitos sugere retrabalho e ambos com custos além dos de fabricação, considerando as oportunidades perdidas se fossem fabricados conforme planeado. Essas falhas podem ocorrer antes ou depois da expedição dos produtos, o que define a classificação de falha interna ou externa.

Portanto, o custo da qualidade é a soma dos custos para manter ou garantir a conformidade, mais os custos da não conformidade.

O acompanhamento dos custos da qualidade evita que, com o passar do tempo, os níveis de desempenho decresçam pela ação do desgaste e fadiga dos meios de produção (depreciação) e, com isso, as falhas aumentem na mesma proporção da falta de investimento. Os custos com falhas podem aumentar em consequência da falta de investimentos na manutenção dos meios de produção, reduzindo os lucros devido a desperdícios com retrabalho, descarte de peças, perda de clientes, reclamações e garantias no campo. A medição dos custos da qualidade, através de indicadores de desempenho que

os relacionem, proporcionam a identificação de alternativas para implementação de ações de melhoria na redução dos custos totais da qualidade (Malik, Khalid, Zulqarnain, & Iqbal, 2016; Omar & Murgan, 2014).

Tabela 2 – Modelos de Custos da Qualidade

Modelo de Custos da Qualidade	Categorias	Descrição/Foco/Objetivo	Referências
PAF	Prevenção + Avaliação + Falhas (Internas e Externas)	Classificar as atividades de acordo com as categorias e medir os Custos totais da Qualidade, procurando pela redução da soma dos custos de prevenção e avaliação com os custos com falhas internas e externas.	(Feigenbaum, 1956, 2005)
Crosby	Conformidade + Não Conformidade	Similar ao modelo PAF, sem a estratificação prevenção e avaliação nos custos com conformidade. Concentra-se na redução dos custos de não conformidade através dos programas de melhoria da qualidade, análise de causas e ações corretivas na redução de defeitos no produto. Concentra-se na manutenção das especificações.	(Crosby, 1979)
Abordagem de Processo (PCM)	Conformidade + Não Conformidade	Cada processo (direto ou indireto) contribui para a qualidade do produto através de seus custos e estes são custos da qualidade. Tanto para conformidade, quanto para a não conformidade, estes custos estão ligados a um dos 6 grupos (6M: mão-de-obra, máquinas, materiais, métodos, meio ambiente e métricas). Necessidade de mapear os custos da qualidade em cada processo e categorizar.	(Arabian et al., 2013; Ross, 1977; Schiffauerova & Thomson, 2006)
Basado em Atividades (ABC)	Com Valor Agregado (custos diretos) + Sem Valor Agregado (custos indiretos)	Identificar, analisar, rastrear e alocar os custos indiretos (aqueles que não agregam valor), imputando o valor a produtos e subprodutos. Os recursos são atribuídos a cada atividade e as atividades a cada produto ou componente. Minimiza as distorções provocadas pelos rateios generalistas para absorção dos custos indiretos. Necessidade de mapear os custos de cada atividade.	(Kaplan, Cooper, Maisel, Morrissey, & Oehm, 1992)
Oportunidade Perdida	Conformidade + Não Conformidade (ou PAF) + Oportunidade Perdida Tangível + Oportunidade Perdida Intangível	Busca identificar os custos com oportunidade perdida, separando-os em tangíveis (possíveis de medir) e intangíveis (que só podem ser estimados, mas existem). Estes custos devem ser considerados e aparecer como custos da qualidade por ocasião de não conformidade ou falhas.	(Modarress & Ansari, 1987; Sandoval-Chávez & Beruvides, 1998)

Conforme representado na Figura 3 (Modelo Clássico), o modelo proposto por Juran em 1962, com base nas três categorias de custos da qualidade proposto por Feigenbaum em 1951, propõe uma classificação baseada em investimentos em atividades de prevenção e avaliação, agrupados como custos da conformidade, reduzem os custos da não

conformidade com falhas internas e externas. A visão clássica do comportamento dos custos da qualidade pelo modelo PAF sustenta que existe um nível óptimo dos custos da qualidade em que os custos com prevenção e avaliação podem exceder os benefícios em reduzir os custos com falhas, conforme mostra a Figura 2. A análise possibilita verificar que um nível óptimo de qualidade é alcançado antes do atingimento de 100% de conformidade, onde algumas falhas continuam a ocorrer. Verifica-se também pelo gráfico que a partir de um determinado nível de investimento em conformidade, os custos com não conformidade, ou seja, custos com falhas, não reduzem na mesma proporção. Isso, cria um aumento dos custos totais da qualidade, prejudicando os lucros. Desta forma, cada empresa deve encontrar o seu ponto óptimo de investimento em qualidade (Chopra & Garg, 2012; Malik et al., 2016; Superville & Gupta, 2001).

No entanto, este conceito é contestado por muitos autores que argumentam não haver um nível óptimo dos custos da qualidade no qual um aumento dos custos com prevenção e avaliação acima desse nível são justificados para reduzir custos com falhas. Argumentam ainda que o nível óptimo dos custos da qualidade é atingido na condição de zero defeito, conforme mostra o gráfico da Figura 3 (Modelo Moderno) (Omar & Murgan, 2014; Plewa, Kaiser, & Hartmann, 2016; Schiffauerova & Thomson, 2006).

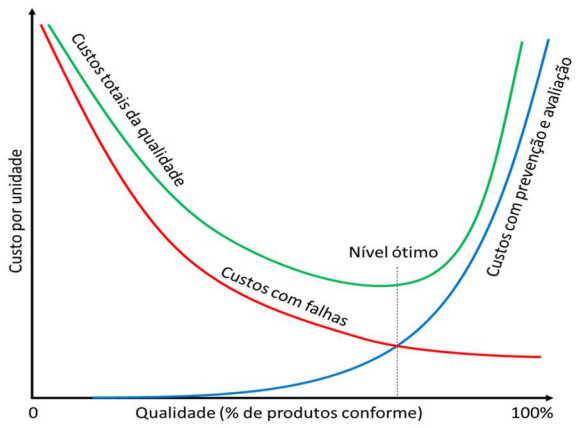


Figura 2 - Modelo PAF de custos da qualidade proposto por Juran e a categorização de Feigebaum (Modelo Clássico)

Fonte: (Lim et al., 2015), adaptado pelo autor

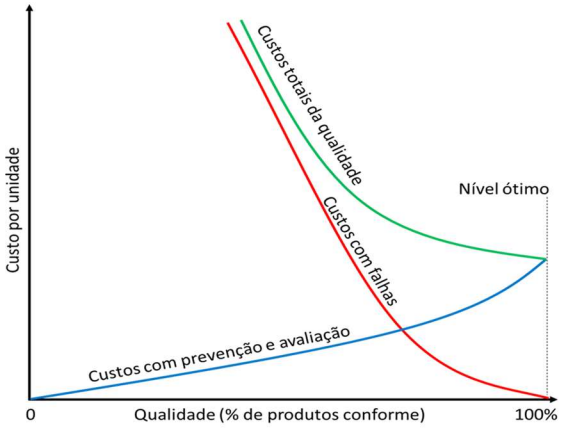


Figura 3 - Modelo de custo da qualidade proposto por Schneirderman (Modelo Moderno)

Fonte: (Lim et al., 2015), adaptado pelo autor

A Tabela 3 apresenta de forma sistemática uma comparação das características de cada categoria de custos da qualidade, relacionando-as aos respectivos Modelos. Na tabela pode ser vista uma análise comparativa dos Modelos de Custos da Qualidade, considerando suas categorias, objetivos, principais indicadores, vantagens, desvantagens e aplicação. Na parte inferior da Tabela 3 encontra-se o objetivo de cada categoria, com um exemplo de atividade.

Tabela 3 – Análise comparativa das categorias e Modelos de Custos da Qualidade

Modelos de Custos da Qualidade	**ANÁLISE COMPARATIVA DAS CATEGORIAS E MODELOS DE CUSTOS DA QUALIDADE**							
	Conformidade		**Não Conformidade**		**Valor agregado**		**Oportunidade Perdida**	
	Prevenção	Avaliação	Falhas Internas	Falhas Externas	Diretos	Indiretos	Tangíveis	Intangíveis
PAF	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Crosby	SIM		SIM		NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
PCM	SIM (Máquina, Mão-de-Obra, Método, Meio Ambiente, Métrica e Matéria-prima)		SIM (Máquina, Mão-de-Obra, Método, Meio Ambiente, Métrica e Matéria-prima)		SIM	SIM	NÃO	NÃO
ABC	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO
Oportunidade	SIM		SIM		NÃO	NÃO	SIM	SIM
Objetivo da Categoria de Custo	Prevenção de falhas	Detecção ou análise de falhas	Corrigir falhas antes da expedição do produto	Corrigir falhas depois da expedição do produto	Agregar valor mensurável ao produto	Apoiar a produção	Incluir outras perdas em caso de falha	Estimar outras perdas em caso de falha
Exemplo de Atividade	Manutenção preventiva de equipamento produtivo	Análise de Problema	Retrabalho e Sucata	Substituições e reparos em Garantia	Montagem de componente	Inspeção de recebimento de matéria-prima	Indisponibilidade de máquina devido retrabalho	Perda de vendas

A Tabela 4 apresenta uma análise comparativa dos Modelos de Custos da Qualidade, considerando o objetivo de aplicação de cada modelo e o indicador de resultados para medição de eficácia. Na última coluna estão algumas referências de trabalhos de aplicação dos respectivos modelos.

Tabela 4 – Análise comparativa dos Modelos de Custos da Qualidade

Modelo	Aplicação/ Objetivo	Medição /Indicadores	Vantagens	Desvantagens	Referência /Estudos
PAF	Classificar as atividades, controlar e comparar os níveis de custos por categoria.	Nível de redução dos custos com falhas, avaliação e dos custos totais da qualidade maior do que o nível de investimento em prevenção e avaliação.	Categorização e comparação entre as categorias.	Limitado em considerar os custos com oportunidade perdida.	(Arabian et al., 2013; Bottorff, 1997; Burgess, 1996; S. J. Chang, Hyun, & Park, 1996; Dawes, 1989; Feigenbaum, 1956; Gupta & Campbell, 1995; Israeli & Fisher, 1991; Merino, 1988; Morse, 1983; Plunkett & Dale, 1988; Purgslove & Dale, 1995; Schiffauerova & Thomson, 2006; Sorqvist, 1997; Sumanth & Arora, 1992; Tatikonda & Tatikonda, 1996)
CROSBY	Reduzir os custos de não conformidade através de programas de melhoria, análises e redução de defeitos.	Nível de redução dos custos de não conformidade.	Foco na melhoria da qualidade, identificando e corrigindo falhas a partir de índices de defeito.	Não promove a redução dos custos de avaliação a longo prazo. Limitado em considerar os custos com oportunidade perdida.	(Crosby, 1979; Denton & Kowalski, 1988; Johnson, 1995; Schiffauerova & Thomson, 2006; Suminsky, 1994)
PCM	Identificar em cada processo seu custo e contribuição para a qualidade do produto. Requer rigoroso mapeamento de processos.	Nível de investimento em qualidade para cada processo e no todo em comparação com lucros.	Busca a redução de custo dos processos suprimindo atividades sem valor agregado reduzindo desperdícios.	Foco em redução de custos de processo pode comprometer os níveis de qualidade gerando custos de não conformidade.	(Arabian et al., 2013; Crossfield & Dale, 1990; Goulden & Rawlins, 1995; Marsh, 1989; Ross, 1977; Schiffauerova & Thomson, 2006)
ABC	Identificar, rastrear e alocar os custos indiretos imputando-os a produtos e componentes.	Nível de redução dos custos indiretos, e em comparação com lucros.	Busca a redução dos custos com recursos e atividades indiretas, principalmente administrativas que aumentam os custos dos produtos.	A redução de atividades de apoio deve ser bem avaliada, pois pode comprometer os níveis de controle de qualidade e gerenciais.	(Cooper & Kaplan, 1988a, 1991; Dawes & Siff, 1993; Hester, 1993; Jorgenson & Enkerlin, 1992; Kaplan et al., 1992; Schiffauerova & Thomson, 2006; Tsai, 1998)

Modelo	Aplicação/ Objetivo	Medição /Indicadores	Vantagens	Desvantagens	Referência /Estudos
OPORTUNI-DADE PERDIDA	Identificar e medir os custos com oportunidade perdida no caso de não conformidade, incluindo-os nos custos de qualidade.	Nível dos custos de não conformidade incluindo-se os custos de oportunidade em relação a perda de lucro.	Uma análise mais realista do impacto das falhas, ao incluir nos custos de qualidade as oportunidades perdidas, factor motivador para evitar falhas, e, mesmo no caso de falhas pode-se minimizar os custos de oportunidade.	Dificuldade em estimar os custos intangíveis e mesmo de calcular os tangíveis.	(Carr, 1992; Heagy, 1991; Juran & Godfrey, 1999; Lim et al., 2015; Malchi & McGurk, 2001; Modarress & Ansari, 1987; Sandoval-Chávez & Beruvides, 1998; Schiffauerova & Thomson, 2006)

2.2.2 Contabilidade versus Custos da Qualidade

Na contabilidade tradicional, os custos da qualidade podem ser classificados em dois grupos: investimentos e perdas ou prejuízos. Os investimentos são os valores destinados a implementar, manter ou melhorar a qualidade dos produtos e serviços, com o objetivo de aumentar os lucros. Já as perdas ou prejuízos são os valores destinados a corrigir falhas ou defeitos, que se tivessem sido feitos corretamente conforme planeado não existiriam (Chopra & Garg, 2012; Fons, 2012; Sailaja, Basak, & Viswanadhan, 2015).

Quanto aos custos de produção, enquanto a "contabilidade" considera os valores pagos pelos recursos produtivos, a "engenharia industrial" considera os custos da melhor oportunidade que se faz desses recursos para determinar suas metas de produtividade e eficiência, a fim de maximizar lucros e reduzir custos (Fons, 2012).

Os custos gerais de fabricação de um produto envolvem todas as atividades diretas e indiretas ao processamento, como os recursos, tempos de utilização de máquinas e componentes, além dos investimentos em tecnologia e equipamentos, homem-hora em atividade produtiva, gastos com energia, atividades de qualidade, administrativas, manutenção de meios, transporte, movimentação, stocks e outros (Fons, 2012). Quanto melhor e maior for o mapeamento e a classificação das atividades e seus respectivos custos, maior a possibilidade de identificar pontos de melhoria e desperdícios (Chopra & Garg, 2012; Malik et al., 2016). As divisões equitativas ou generalizações de custos forçam os gestores a superprodução, stocks excessivos e a falta de investimentos direcionados a ganhos, tudo

para redução dos custos unitários através da diluição dos custos fixos (Chopra & Garg, 2011; Fons, 2012).

Cada organização, empresa ou instituição deve medir os custos, em termos relativos, para acomodar variações no volume de produção e noutros fatores. Por exemplo, pode quantificar os custos da qualidade e relacioná-los com os custos de produção ou valor de faturação.

2.2.3 Oportunidade perdida nos Custos da Qualidade

Os custos de oportunidade perdida pela fabricação de produtos com defeito devem ser contabilizados, considerando o emprego de recursos como mão-de-obra, disponibilidade de máquina, gastos com matéria-prima e energia, entre outros. Pois, no caso de descarte, além do prejuízo com o sucateamento dessas peças ou mesmo o retrabalho, deve-se considerar a oportunidade perdida, caso as peças tivessem sido fabricadas sem defeito, ou seja, é como se os recursos estivessem indisponíveis naquele momento, já que os fabricaram para os deitar fora, ou ficam indisponíveis para produzir, porque estão empenhados em retrabalho. Pode-se ampliar essa ideia se considerarmos que essas mesmas peças não serão entregues no prazo, podendo deixar outros recursos à espera das peças, como meios de transporte parados, multas por atraso, rescisão de contratos, cancelamento de pedidos ou mesmo a perda de vendas (Arabian et al., 2013; Campanella, 1999; Modarress & Ansari, 1987; Schiffauerova & Thomson, 2006; Su, Shi, & Lai, 2009).

Os prejuízos oriundos da oportunidade perdida fazem parte dos custos da qualidade, quando vinculados à fabricação de produtos com defeito. A mensuração e quantificação dos custos de oportunidade são complexas e envolvem aspectos abstratos. O ideal é que a quantificação desses custos de oportunidade, sejam baseados em dados e factos reais, e não em pressupostos não provados. Pois, estes custos de oportunidade estão diretamente relacionados aos custos de falhas, e quando ocorrem são significativos, impondo aos gestores alto risco para tomada de decisão quanto à gestão da qualidade (Sailaja et al., 2015; Sandoval-Chávez & Beruvides, 1998).

2.2.4 Medição dos Custos da Qualidade

A medição dos custos da qualidade proporciona aos gestores uma percepção da situação atual da empresa e conduz a uma maior mobilização da equipa para a melhoria da qualidade. Também pode ser uma forma de medir o sucesso das empresas no seu esforço de melhoria dos processos e produtos. Elevados custos de qualidade com falhas criam uma perspectiva real de necessidade de melhoria na redução de desperdício e aumento dos lucros (Arabian et al., 2013; Jaju, Mohanty, & Lakhe, 2009; Johnson, 1995; Ozcan, 2012; Sailaja et al., 2015).

Segundo Crosby (1979), a empresa que iniciou a medição da qualidade foi a General Electric, onde comparou os custos da qualidade de duas linhas de produção. Essa comparação demonstrou, através de informações recolhidas, a oportunidade de aumentar os lucros e paralelamente melhorar os programas de qualidade da empresa.

Para Campanella (1999), a medição e estratificação dos custos da qualidade possibilitam identificar caminhos para a melhoria da qualidade e redução de custos. As atividades e recursos geradores dos custos da qualidade devem ser classificados, mapeados e associados às atividades produtivas de fabricação, conforme sugerem os modelos PAF, ABC e PCM, com o objetivo de garantir a conformidade dos produtos, para uma completa satisfação dos clientes (Schiffauerova & Thomson, 2006). Através da gestão dessas atividades e de respectivos custos, cria-se um ambiente propício para a certificação, funcionamento e melhoria contínua do Sistema de Gestão da Qualidade, tornando-se uma ferramenta de tomada de decisão na gestão da qualidade (Arabian et al., 2013; Jaju et al., 2009; Johnson, 1995; Ozcan, 2012; Sailaja et al., 2015).

2.2.5 Conclusões e considerações

O desafio para as empresas é a efetiva implementação e gestão de um programa de redução dos custos da qualidade (Pires, Cociorva, Saraiva, Novas, & Rosa, 2013).

Até que seja implementado um programa de redução dos custos da qualidade, as empresas não conseguem estimar quanto lucro estão a perder, através da má qualidade (Maiga, Nilsson, & Ax, 2015; Weckenmann et al., 2015).

Os modelos PAF, de Crosby, PCM e ABC não definem nem mencionam a medição e análise dos custos de oportunidade perdida no caso de falhas. Assim, esta abordagem de medição da oportunidade perdida poderia ser inserida nestes modelos (Arabian et al., 2013; Campanella, 1999; Juran & Godfrey, 1999; Modarress & Ansari, 1987; Schiffauerova & Thomson, 2006).

Percebe-se uma dificuldade de adaptação da contabilidade tradicional às categorias de custos da qualidade e dos custos tangíveis e intangíveis da oportunidade perdida. Isso pode criar uma falsa impressão nos balanços financeiros para a alta administração. Os custos das análises de não conformidade também podem ser incluídos nesse grupo, pois normalmente são rateados e dissolvidos nos custos indiretos (Chopra & Garg, 2012; Fons, 2012; Malik et al., 2016).

Distinguir atividades de prevenção e avaliação é complexo em alguns casos, tendo em vista os objetivos e riscos envolvidos. Prevenir é se antecipar, ou seja, implementar uma ação para evitar falhas, e não simplesmente identificá-las após ocorridas. Entretanto, por vezes inspeções são usadas como meio de prevenção de falhas de maior potência de perdas, ou por risco de variação aleatória nos processos de origem. Exemplo é a inspeção de matéria-prima, que preventivamente é realizada, para evitar a ocorrência de defeitos, ou inspeção final de um produto como prevenção de acidente no cliente final. A implementação de tecnologias como ações corretivas de problemas podem ser classificadas como prevenção, já que estes são os objetivos com o investimento (Chopra & Garg, 2011; Holota, Hrubec, Kotus, Holiencinová, & Caposová, 2016; Malik et al., 2016; Schiffauerova & Thomson, 2006).

Ainda considerando as limitações dos Modelos Clássico e Moderno, incluir prevenção e avaliação na mesma curva limita a percepção de redução de duas categorias com objetivos diversos.

De acordo com diversos autores, as avaliações devem ser reduzidas ao mínimo, pois não agregam valor aos produtos, e, prevenção é um tipo de investimento para reduzir falhas. Em relação a essas limitações, deve haver uma comparação mais específica em relação a um produto ou problema para testar os Modelos Clássico e Moderno, já que ações de melhoria, mesmo na correção de problemas, devem ser consideradas ações de prevenção para que não ocorram mais as falhas. O investimento na prevenção deve ser comparado aos custos das falhas. Então, os gráficos supracitados precisam de validação de análise de dados reais

(Arabian et al., 2013; Campanella, 1999; Cole, 1992; Govindarajan & Shank, 2008; Juran & Godfrey, 1999; Modarress & Ansari, 1987; Plunkett & Dale, 1988; Porter & Rayner, 1992; Schiffauerova & Thomson, 2006; Schneiderman, 1986). Plewa et al. (2016), através de correlação matemática, conclui que tanto o Modelo Clássico, como o Moderno, não tem suas hipóteses satisfeitas completamente. A conclusão do autor é baseada em dados gerais de empresas, recolhidos subjetivamente em entrevistas e questionários. Outros estudos devem particularizar essa análise por investimento ou melhoria, de forma que possa comparar mais especificamente os ganhos ou perdas com prevenção, avaliação e falhas numa determinada realidade. Conclui-se que os modelos apresentados têm aplicação, porém com limitações.

Qualquer lista recomendada de atividades pode servir de orientação para classificação dos custos da qualidade, mas, os elementos de custos podem muitas vezes estar colocados em categorias de custo diferentes, para atender às necessidades particulares de uma empresa. Os especialistas sugerem que cada organização deve identificar os elementos de custo, classificá-los e relacioná-los com o sistema contabilístico da empresa (Arabian et al., 2013; Chopra & Garg, 2012; Holota et al., 2016; Malik et al., 2016; Sailaja et al., 2015; Schiffauerova & Thomson, 2006).

O modelo mais conhecido e usado nas empresas é o PAF. Nas empresas os esforços de melhoria da qualidade se concentram nas falhas, pois apresentam o maior potencial inicial de redução dos custos com qualidade. A longo prazo, outras medidas de redução de custos devem ser continuadas, em atividades sem valor agregado, como desperdícios operacionais (Arabian et al., 2013; Chopra & Garg, 2011, 2012; Fons, 2012; Jaju et al., 2009; Johnson, 1995; Juran & Godfrey, 1999; Lim et al., 2015; Malik et al., 2016; Ossai, Boswell, & Davies, 2016; Ozcan, 2012; Sailaja et al., 2015; Schiffauerova & Thomson, 2006).

O desconhecimento da teoria dos custos da qualidade por parte de gestores e demais funcionários pode limitar o desenvolvimento e implementação de um programa de redução de custos da qualidade. Verifica-se que o domínio da teoria por parte dos gestores é fundamental na implementação, manutenção e controle de um programa de redução dos custos da qualidade.

Verifica-se, nos modelos de custos da qualidade, que apesar da existência das categorias de não conformidade (falhas internas e externas), não destacam a análise da destinação de

produtos defeituosos. Não consideram na análise os custos diretos, indiretos, e de oportunidade perdida para cada opção de destinação, incluindo os tempos e prazos envolvidos e suas consequências financeiras. Também não consideram a satisfação do cliente, além de questões políticas e filosóficas da empresa que se queiram incluir. Não há trabalhos de pesquisa publicados que relacionem essa destinação de produtos defeituosos a métodos e modelos de decisão, com quantificação de critérios de qualidade e custo.

Em relação a esta análise conclui-se que os cinco modelos apresentados neste trabalho tem aplicação, porém com limitações (Arabian et al., 2013; Chopra & Garg, 2012; Malik et al., 2016; Ozcan, 2012; Sailaja et al., 2015; Schiffauerova & Thomson, 2006).

A revisão de literatura realizada permitiu identificar as seguintes oportunidades de estudo:

- Definição de um método de análise para minimizar os custos da qualidade com falha e defeito já existente através da gestão e decisão de destinação dos itens defeituosos.
- Identificação e contabilização de custos com oportunidade perdida na qualidade, principalmente no caso de falhas.
- Identificação, contabilização e respectivas consequências financeiras de tempos e prazos envolvidos na gestão e decisão de destinação de itens defeituosos.
- Utilização das teorias e modelos de decisão na minimização dos custos da qualidade com falhas.
- Definição de um método sistemático para mapear, identificar e contabilizar os efeitos e custos da qualidade associados às falhas.
- Minimização dos custos da falha sem aumento nos custos de prevenção e avaliação (conformidade) conforme estabelecem os modelos clássico e moderno.
- Identificação e contabilização da indisponibilidade de recursos na produção de itens defeituosos.
- Identificação de outros fatores envolvidos nos custos de falha, não apresentados na teoria de custos da qualidade.

2.3 Melhoria da qualidade

2.3.1 Melhoria da Qualidade versus Custos da Qualidade

Qualidade é um conceito abrangente, pois, tenta englobar a óptica da gestão, da engenharia, da produção, do fornecedor, dos recursos, do distribuidor, da assistência técnica e, principalmente, do cliente. Isso torna a gestão dos custos da qualidade fundamental, pois é uma das principais medidas de desempenho da gestão da qualidade e de sua necessidade de melhoria contínua (Chopra & Garg, 2012; Malik et al., 2016).

A qualidade tem uma relação direta com custo, mesmo se se considerar a qualidade do ponto de vista quantitativo dos defeitos e falhas. Então, qualquer programa de melhoria da qualidade objetiva menores custos. O custo não deve ser refém da qualidade, já que o fim de ambos é o lucro, sendo a qualidade o meio e o custo uma medida de controle fundamental nesse processo (Malik et al., 2016; Weckenmann et al., 2015).

A busca por identificar os custos da qualidade produz um ambiente propício à melhoria contínua e concentração de esforços na redução de desperdícios e custos. Dessa forma, a essência da melhoria contínua é a redução de custos. Se considerarmos um investimento para implementação de melhoria da qualidade, essa melhoria objetiva a redução de custo com algum problema interno ou reclamação de cliente, e, a longo prazo, reduzirá o custo com falhas (Juran & Godfrey, 1999; Ozcan, 2012; Sailaja et al., 2015).

2.3.2 Análise dos custos da qualidade na melhoria da qualidade

Verifica-se que o aumento de atividades de avaliação ou inspeção de defeitos não impede a geração de defeitos. Os benefícios dessas ações estão na contenção de falhas externas, e, um impacto positivo em relação à satisfação do cliente e imagem do produto. Contudo, essa situação pode impactar na oportunidade de vendas, caso a quantidade de produtos com defeito impossibilite entregas nos prazos. Medidas de contenção, detecção e avaliação pós fabricação não reduzem os custos com falhas internas, pois continuarão a ocorrer nos processos internos. Por isso, os investimentos em medidas de prevenção é que realmente trarão o retorno e a melhoria da qualidade. Mesmo que se tenham custos com atividades de prevenção, justifica-se pela redução dos custos com falhas (Chopra & Garg, 2011, 2012; Malik et al., 2016).

Altos custos com avaliação, antes do processamento, de recursos, matéria-prima, subprodutos ou componentes de fornecedores podem se justificar caso provoquem significativa redução de produtos com defeito, que só seriam detectados após uma série de processamentos, causando um prejuízo ainda maior, quando não, reclamações de clientes. Considerando os objetivos dessas avaliações, pode-se dizer que quanto aos benefícios na redução dos custos com falha, trata-se de um investimento justificado. Porém, o ideal seria que o fornecedor, através de uma qualidade assegurada, garantisse a conformidade de seus produtos. Contudo, em alguns contratos de fornecimento, preveem-se margens de defeito sem devoluções ou ressarcimento, e, mesmo que possível, as limitações logísticas de reenvio e fiscais, o tempo de espera e longas distâncias, inviabilizam a devolução e às vezes a análise das causas na origem, além de incidir oneroso custo (Chopra & Garg, 2011, 2012; Malik et al., 2016).

2.3.3 Mapeamento e implementação da gestão dos custos da qualidade

Qualidade e custo são variáveis competitivas e seus objetivos e metas devem estar vinculados ao planeamento estratégico das empresas. Atribuir à gestão da qualidade uma ênfase somente em requisitos de conformidade ou não conformidade, rateando seus custos entre setores de forma genérica, ou simplesmente tratando-os como custos indiretos, sem considerar sua composição, classificação, monitoramento e controle, é desconsiderar uma dimensão estratégica competitiva quanto ao preço, margem de lucro e custo-benefício para os clientes, fazendo referência ao modelo de Crosby (Ozcan, 2012; Sailaja et al., 2015; Schiffauerova & Thomson, 2006).

A análise periódica dos custos das atividades e recursos empregados para ter um produto de qualidade, seja para obter conformidade (com especificações) ou solucionar a não conformidade, é necessária para tomar decisões acertadas quanto a investimentos e redução de desperdícios.

As atividades da empresa devem ter seus custos imputados aos produtos, tanto as atividades diretamente ligadas ao processo produtivo como as atividades de apoio, normalmente chamadas indiretas, como é o caso de manutenção das instalações, engenharia, inspeções e administrativas. Atividades e custos indiretos são termos genéricos

que as empresas utilizam para um grupo de atividades que não possuem uma relação direta na execução dos processos produtivos. O ideal é que as atividades indiretas sejam classificadas de acordo com seus objetivos dentro de categorias específicas, para uma análise detalhada da composição de custos. As atividades e custos com retrabalho e descarte de produtos defeituosos devem ser tratadas como extraordinárias e imputadas aos produtos somente quando ocorrerem. Retrabalho e descarte devem compor a categoria de custos da qualidade com falhas, considerando o detalhamento da sua composição com recursos extra e oportunidades perdidas. O mapeamento dessas atividades e seus respectivos custos devem permear todos os setores da empresa, mesmo os chamados "indiretos", que incidem seus custos no produto comercializado pela empresa, normalmente na forma de rateio. Considerando a abordagem do Modelo ABC com atividades de apoio e indiretas, a redução de custo só é possível quando se conhece sua composição e alocação (Arabian et al., 2013; Fons, 2012; Schiffauerova & Thomson, 2006).

Conforme Campanella (1999), os custos da qualidade servem de indicador para a gestão e melhoria da qualidade. Conceitualmente, a teoria sobre custos da qualidade não envolvem obrigatoriamente os conceitos e custos para organização e certificação do Sistema de Gestão da Qualidade, que são inseridos normalmente nos custos indiretos da qualidade, ou custos com prevenção, ou custos de conformidade fazendo referência aos modelos ABC, PAF e Crosby respectivamente (Arabian et al., 2013; Campanella, 1999; Jaju et al., 2009; Johnson, 1995; Ozcan, 2012; Sailaja et al., 2015).

Há três objectivos na implantação de um modelo de gestão dos custos da qualidade: (i) Conhecer a dimensão e origem desses custos, através de um mapeamento quantitativo e qualitativo dos processos e produtos; (ii) Comparar os dados e informações levantadas no primeiro objectivo, com indicadores de desempenho, ou seja, metas de qualidade em relação às categorias de custos da qualidade, indicando tendências a fim de propor ações de melhoria; (iii) E, manter um controlo rígido dos custos da qualidade para reduzi-los e melhorar os lucros da empresa (Arabian et al., 2013; Jaju et al., 2009; Johnson, 1995; Ozcan, 2012; Sailaja et al., 2015; Schiffauerova & Thomson, 2006).

2.3.4 Conclusões e considerações

Apesar da busca pela melhoria contínua, a condição de zero defeitos é uma utopia para as empresas, algumas se aproximam mais e outras menos. Então, um nível óptimo dos custos da qualidade depende das metas de uma empresa e estas devem ser estabelecidas a partir de um estudo qualitativo e quantitativo detalhado. Para casos em que se exijam investimentos em tecnologia para chegar em uma condição de zero defeitos, os custos da qualidade com prevenção, avaliação, diretos e indiretos aumentariam tanto que não valeria o real benefício, ou seja, seria um investimento sem o adequado retorno financeiro (Chopra & Garg, 2011; Malik et al., 2016; Superville & Gupta, 2001). Essa abordagem continua sendo complexa, se considerarmos um produto com falha, pois, seria 100% de falha para um cliente que o adquiriu podendo culminar com a perda desse cliente, além de eventuais custos de natureza civil ou criminal (Weckenmann et al., 2015). Esse custo, que talvez não estivesse contemplado na primeira análise, acaba por impactar no custo de oportunidade perdida, devido a uma falha externa, o que está melhor representado pela proposta de Schneirderman (Figura 3 – Modelo Moderno). Os custos com falhas podem continuar a diminuir ao longo do tempo, mesmo sem o aumento correspondente nos custos de prevenção e de avaliação. O tempo terá influência nessa diferenciação, o que não está definido nestas abordagens (Duarte et al., 2016; Omar & Murgan, 2014; Plewa et al., 2016; Su et al., 2009).

Os programas de melhoria da qualidade devem ser apoiados por modelos de custos da qualidade, e por um sistema de custeio detalhado como o ABC, que subsidie a tomada de decisão, de como, quando, quanto, e onde aplicar recursos e esforços (Arabian et al., 2013; Campanella, 1999; Cole, 1992; Govindarajan & Shank, 2008; Juran & Godfrey, 1999; Modarress & Ansari, 1987; Plunkett & Dale, 1988; Porter & Rayner, 1992; Schiffauerova & Thomson, 2006; Schneiderman, 1986).

A catalogação das informações sobre falhas e melhorias mostra-se uma ferramenta poderosa para feedback de informações da qualidade e aprendizagem corporativa em vários níveis. É importante que as empresas tenham um banco de dados com as análises dos problemas, envolvendo os custos da qualidade.

A revisão de literatura realizada permitiu identificar as seguintes oportunidades de estudo:

- Estabelecer indicadores e critérios de custos para melhoria da qualidade.
- Identificar a influência ou contribuição do estágio de detecção do defeito (ponto de inspeção) nos custos da falha.
- Avaliar se o conhecimento e histórico sobre os defeitos pode contribuir para a redução dos custos de falha.
- Avaliar se filosofias ou políticas de qualidade específicas das empresas podem influenciar nos custos da qualidade.

2.4 Processo decisório

Este tópico foi desenvolvido a fim de auxiliar no objetivo geral da pesquisa de desenvolvimento de um modelo de decisão. Assim aborda-se o desenvolvimento do processo decisório, as formulações iniciais, passando à pesquisa operacional e aos modelos multicritérios atualmente utilizados. Os subitens que o compõe são: Melhorias e Custos da Qualidade no Processo Decisório; Desenvolvimento do processo de Decisão; Modelo de Simon e similares; Pesquisa Operacional; Modelo Decisório Racional; Modelos de Decisão Multicritério; Multiattribute Utility Theory (MAUT); Analytic Hierarchy Process (AHP); Elimination and Choice Expressing Reality (ELECTRE); Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE); Utilização de software na análise de decisão; Análise económica de investimentos; e Conclusões e considerações.

2.4.1 Melhorias e custos da qualidade no processo decisório

Existem limitações em qualquer sistema de manufatura, e normalmente não estão relacionadas com a inexistência de técnicas e meios, mas com os objetivos e metas estabelecidas para custear e manter a infraestrutura necessária. O investimento em uma máquina que solucionaria a produção de peças com defeito nem sempre é viável, do ponto de vista dos objetivos e metas, para a fabricação de um determinado produto. Os custos com instalação, operação e manutenção de tecnologias e recursos produtivos devem ser contabilizados, considerando que investimentos devem ser amortizados ao longo de um tempo relativamente pequeno, seja pela descontinuidade de um produto, por exemplo, ou

mesmo o retorno do investimento (Fons, 2012). Em muitos casos também não se tem uma garantia de que uma tecnologia superior acertadamente resolverá o problema. Existem muitos outros fatores a considerar no caso de melhoria da qualidade, por isso, indica-se que as ações sejam gradativas e contínuas, avaliando-se sempre sua eficácia na redução dos custos (Malik et al., 2016; Shah & Mandal, 1999).

As decisões estratégicas, quanto às ações necessárias para obter melhoria da qualidade, devem ser baseadas em dados e factos, que sistematicamente tabulados fornecem observações importantes na definição de parâmetros e conclusões. Tanto a análise quantitativa e tendência dos dados são importantes, como a análise qualitativa de algum problema crônico. Por exemplo, estes dados e factos da qualidade devem subsidiar a tomada de decisão para liberação de investimentos em qualidade e reduções de custos com atividades que não agregam valor ao produto ou cliente. As empresas devem sistematicamente realizar essas análises, objetivando tomada de decisão, definições e revisões, caso necessário (Fons, 2012; Setijono & Dahlgaard, 2008; Soares et al., 2012).

2.4.2 Desenvolvimento do processo de decisão

Este tópico apresenta os principais aspectos envolvidos no desenvolvimento e implementação de um processo de decisão, conforme mostra a Figura 4.

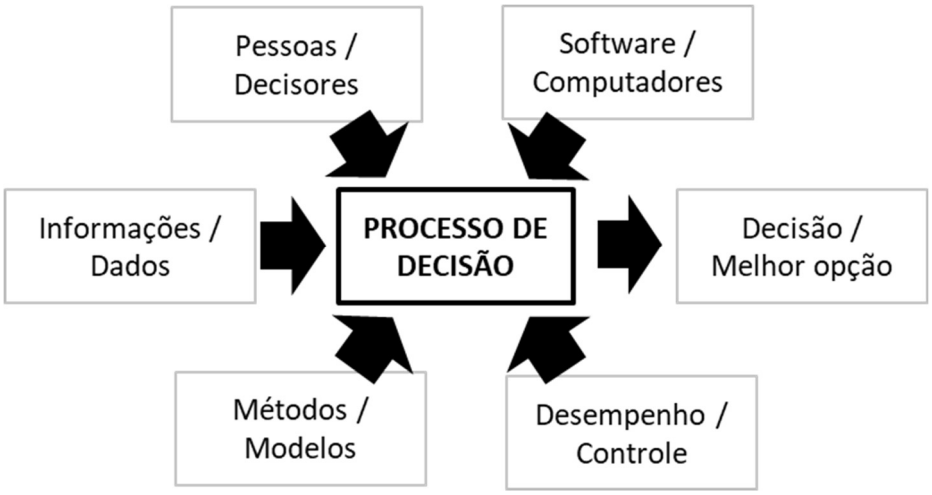


Figura 4 – Diagrama do Processo de Decisão

Informações / Dados

Quanto melhor for a construção, desenvolvimento e análise do processo decisório, maior a possibilidade de que os objetivos sejam alcançados, já que estes são claros e bem definidos pela estratégia do decisor (Clegg, Hardy, & Nord, 1996). Neste contexto, as informações são *input* para o processo decisório, pois sem elas, não é possível qualquer formulação do problema, estabelecimento de critérios ou mesmo construção de alternativas. No processo decisório, a informação disponível é objeto de análise para futuras definições, formulações, considerações e conclusões, por parte dos decisores. Estas informações, além de confiáveis nos seus métodos de aquisição, também devem ser isentas de parcialidade pelos meios de construção e leitura, pois algumas informações são construídas a partir de dados que por si só não especificam nada, mas quando organizados e comparados geram informações para os processos decisórios, como é caso de gráficos de controlo (Juran & Godfrey, 1999).

As informações são uma parte importante no processo, ou seja, são a matéria-prima, mas que precisam ser processadas em etapas que forneçam subprodutos, para que novamente processadas e combinadas possibilitem a obtenção da decisão final, que é a escolha por uma das alternativas construídas. As informações podem ser de cunho quantitativo, ou seja, com atribuição numérica, ou qualitativa, com uma atribuição positiva ou negativa. Os dados quantitativos são normalmente tabulados e comparados com valores de referência para a obtenção de tendências e comportamento dos processos. Apesar de escalonados, os dados quantitativos também podem ter algum grau de subjetividade quando atribuídos por critérios subjetivos de interpretação humana. Outros podem ter sua subjetividade ligada ao método de leitura ou recolha dos dados, como por exemplo, um inspetor fazendo a leitura num manômetro e anotando numa *check list*. Os dados ou informações qualitativas estão diretamente ligados a critérios subjetivos, tanto no estabelecimento da métrica, como na sua recolha. Normalmente são aceites e tolerados devido à dificuldade de quantificação das possibilidades. Até por que, em muitos casos, a criação de pesos para critérios subjetivos acaba por tornar a atribuição de um valor quantitativo ainda mais complexo. Então, a simplificação está na definição de “conforme” ou “não conforme” a um determinado padrão subjetivo. Esse padrão subjetivo normalmente é estabelecido com base na perspectiva e satisfação do cliente. O exemplo é a qualidade e defeitos em processos de pintura, que nesse caso, só tornaria mais complexa a atribuição de valores de conformidade, já que o que

importa é a aceitação visual do cliente. Dessa forma, o melhor é definir um critério de conformidade ou não conformidade baseado na presença de defeitos detectados visualmente. Em casos de inspeção e classificação por critérios subjetivos, além da definição de padrões de aceitação, é importante a constante formação das pessoas envolvidas, para garantir a eficácia do processo subjetivo, além de recomendar possíveis mudanças e tendências nas escolhas dos clientes (Juran & Godfrey, 1999).

Informações e dados são utilizados no processo decisório como evidência dos factos, já que o ideal é que a tomada de decisão seja baseada em factos e não em hipóteses, suposições e conjecturas. Isso tornaria o processo totalmente subjetivo, o que, pelos padrões científicos, é inaceitável. Considerando este aspecto factual, a confiabilidade de uma informação ou dado está no seu nível de consistência com os factos, já que devem expressar da forma mais aproximada possível. Dessa forma, cada informação deve garantir um nível de confiabilidade aceitável para ser considerada parte ativa do processo decisório, caso contrário, o decisor ou equipe deve optar pela desclassificação da informação ou aceitação mediante condição restritiva. A análise da confiabilidade das informações e dados é uma parte importante do processo decisório, pois, caso não observada, pode comprometer significativamente a melhor escolha e o alcance dos objetivos. A análise factual pode ser feita mediante uma avaliação dos mecanismos, métodos, fontes e agentes de recolha, que devem acompanhar os arquivos e relatórios. Em caso de inconsistências, é aconselhada uma análise e acompanhamento *in loco* por especialistas (Juran & Godfrey, 1999).

Pessoas / Decisores

A subjetividade humana sempre estará ligada aos processos de recolha e análise de dados e informações, assim como aos processos de tomada de decisão. Contudo, existe uma necessidade iminente, principalmente nas organizações, de reduzir ao máximo, ou a níveis mínimos, essa subjetividade (Robbins & Coulter, 2012; Rowe, Boulgarides, & McGrath, 1984; J. Russo & Schoemaker, 1990).

Na realidade o processo decisório é intrínseco ao dia-a-dia das pessoas e organizações, pois, em todos os níveis da organização, funcionários estão tomando decisões. Obviamente que essas decisões devem estar dentro das atribuições de cada funcionário, seja no nível

operacional, tático ou estratégico. Cada nível tem suas fronteiras ou áreas de atuação e decisão. Dessa forma, a exigência de profissionais mais qualificados e experientes justifica-se, inclusive na valorização dessa mão-de-obra altamente especializada. No nível operacional, pela simplicidade das decisões, a criação de procedimentos pode solucionar grande parte das dificuldades na orientação pela melhor decisão. Quando se passa ao nível tático, a complexidade aumenta e metodologias de trabalho ajudam a direcionar as atividades de um modo generalista, mas não as especificidades de um determinado campo do conhecimento, como na atividade médica ou de engenharia. Para o nível estratégico, incertezas e possibilidades aumentam devido à combinação de fatores e opções de escolha. Nesse nível, as incertezas são tão significativas que as decisões tendem a fugir a um padrão, ou seja, não seguem regras específicas, mesmo considerando um amplo e consistente levantamento de informações. Outros critérios estratégicos de políticas, objetivos e metas de longo prazo são as premissas dos gestores de alto nível (Robbins & Coulter, 2012; Simon, 1977).

A escolha por uma determinada alternativa, que é a própria decisão, baseia-se em critérios, mesmo que estes tenham um nível tal de subjetividade que o próprio decisor não consiga esclarecer. Percebe-se que os valores, princípios e crenças do decisor têm forte influência na maioria das decisões, mesmo dentro do contexto das organizações (J. Russo & Schoemaker, 1990). Daí vem a importância do processo decisório, etapa que precede a decisão, onde principalmente se procura compreender o problema, formular os objetivos, metas e alternativas para a solução (Mintzberg, Raisinghani, & Thérêt, 1976).

Métodos e recursos

O processamento das informações nos processos decisórios se dá por meio de análises e comparações, definição dos problemas, estabelecimento de objetivos e metas, critérios de avaliação, hierarquia dos critérios, construção de alternativas, avaliação, comparação dos riscos, limitações, e a escolha de alternativas (Mintzberg & Westley, 2001; Treliving, 2012).

Objetivando a sistematização dos processos decisórios através da organização das informações, maximização dos recursos e minimização dos tempos empregues nas etapas de análise e decisão, foram desenvolvidos métodos e modelos de apoio ao processo

decisório e à tomada de decisão. Cada atividade, empresa, instituição ou organização possui suas particularidades e especificidades expressas principalmente nos objetivos, metas e diretrizes. Estas são um compilado dos produtos, serviços, clientes, processos internos e externos que possuem (Simon, 1977).

Com o advento dos sistemas de informação, a melhoria no armazenamento, processamento e análise dos dados, proporcionou às organizações maior capacidade de relacionar os dados no processo decisório, agilizando considerações e conclusões. Apesar da existência de modelos computacionais avançados, como no caso da pesquisa operacional, cabe ressaltar que as premissas na formulação dos modelos matemáticos não estão isentas de subjetividade, pois na formulação e estruturação do modelo, decisões prévias para a priorização e ponderação dos múltiplos critérios e alternativas são relacionadas e verificadas (Robbins & Coulter, 2012).

Mais importante do que a decisão em si é o processo que a gerou. Os processos decisórios tentam simplificar a complexidade da combinação de vários fatores e critérios, a fim de extrair considerações, através das premissas estabelecidas na estratégia das organizações. Os modelos também tentam generalizar, para que seja possível a sua aplicação em diferentes situações, pois a construção de modelos para uma única decisão é inviável do ponto de vista da gestão das organizações. A escolha da melhor alternativa é o objetivo final de qualquer processo decisório, e consequentemente o modelo busca proporcionar isso. Um modelo adaptado à realidade é aquele que descreve e relaciona as etapas, hierarquiza e pontua os critérios, de acordo com os objetivos e estratégia de uma determinada empresa. Os gestores são os responsáveis diretos na condução dos processos decisórios, e dessa forma, devem compreender e gerir os riscos e limitações inerentes aos mesmos (Robbins & Coulter, 2012).

Saídas / Desempenho e controle

A escolha por uma determinada alternativa visa não só alcançar os objetivos, mais fazê-lo da melhor forma, no contexto de cada realidade, considerando as limitações e meios disponíveis. Isso implica maximizar os recursos disponíveis e o tempo utilizado na implementação das ações. O processo decisório envolve vários aspectos, sendo que o mais

importante é a compreensão da realidade na qual se pretende inserir uma determinada ação, oriunda da escolha de entre as várias alternativas construídas ao longo da formulação do problema e dos objetivos das decisões (Mintzberg et al., 1976; Mintzberg & Westley, 2001).

As decisões, quanto à previsibilidade, podem ser programadas ou não programadas. O grupo das não programadas ainda pode ser dividido em não programadas inéditas e não programadas conhecidas. Essa classificação se relaciona diretamente com os níveis funcionais, pois ao nível operacional, as decisões são previsíveis e programadas ao longo de ciclos, ou seja, elas estão sempre se repetindo, na maioria dos casos diariamente, o que cria a tal rotina de trabalho. No nível tático, as decisões normalmente não são programadas, apesar de conhecidas, pois na grande maioria dos casos, os gestores desse nível já se envolveram numa situação similar, existindo certa experiência, o que facilita o processo decisório. Normalmente, as decisões não programadas inéditas tendem a ser desestruturadas em uma situação totalmente nova, requerendo do nível estratégico grande capacidade de decisão, em condições de incerteza e risco. Nesse tipo de decisão, são muitas as limitações e restrições para a análise, como o tempo disponível, as informações e reunião de recursos, submetendo os gestores a cenários de grande subjetividade na tomada de decisão (Robbins & Coulter, 2012; Simon, 1977).

2.4.3 Modelo de Simon e similares

Simon (1977) estabeleceu quatro fases para o processo decisório: identificação de oportunidades para implementação de melhorias ou solução de problemas; elaboração e planeamento de ações; escolha das melhores ações; e revisão das ações implementadas. O gestor deve continuamente buscar o aperfeiçoamento de seus processos, seguindo esses passos, pois em suma, é a sua tarefa frente ao negócio que administra. A necessidade da decisão pode ser programada ou não, sendo as programadas estruturadas como parte da rotina das organizações, sendo desenvolvidas maioritariamente nos níveis operacionais. A grande preocupação dos gestores são os problemas novos que requerem decisões inéditas, totalmente desestruturadas e sem qualquer histórico de decisões anteriores, que auxilie no processo.

Outros modelos existentes apresentam similaridades com o Modelo de Simon, principalmente no que tange a construção das etapas de definição do problema e busca pela solução, através da análise de alternativas.

Alguns modelos são mais detalhados como o de Kepner e Tregoe (1965), que além de quatro etapas principais, detalha cada uma em novas etapas, e cada etapa com uma série de perguntas investigativas. Contudo, mantém a mesma ideia dos demais modelos de definir o problema e entendê-lo completamente, para então construir as opções e decidir-se pela melhor.

O Modelo Genérico de Dewey também possui essas características, pois as cinco etapas do processo decisório podem ser expressas em três perguntas: “Qual é o problema?”; “Quais são as soluções possíveis?”; e “Qual é a melhor alternativa entre as soluções possíveis?” (Simon, 1977).

As técnicas quantitativas de pesquisa operacional também requerem inicialmente uma estruturação do problema através das fases de definição do problema, busca por soluções e escolha das alternativas. A diferença é que as diversas técnicas de pesquisa operacional utilizam modelos matemáticos em programas de computador para a seleção das melhores alternativas. Apesar da utilização de computadores, o modelo é construído de acordo com os objetivos e premissas estratégicas dos utilizadores. Esses modelos matemáticos contêm um misto de racionalidade e subjetividade na definição de critérios, valorização dos critérios, hierarquia dos critérios e simplificações de fatores mais complexos. A grande vantagem na utilização da programação é a velocidade de processamento de grandes volumes de informação e suas combinações. Seria inviável que esses cálculos fossem realizados por um analista, pois poderia passar dias ou meses para concluir o processo, considerando erros matemáticos, revisões, revisões e ajustes. Antes da utilização, os modelos matemáticos ou programas precisam ser validados para garantir a confiabilidade das operações. A validação é um processo de análise dos resultados em comparação com a realidade, normalmente realizado através de simulações. O ideal é que os modelos que processam informações sejam constantemente monitorados, periodicamente avaliados e atualizados. As principais técnicas utilizadas são a programação linear, programação inteira, teoria dos jogos, teoria das filas, teoria dos grafos, teoria Bayesiana e teoria da probabilidade (Boulesnane & Bouzidi, 2013; Newman, 1971; Simon et al., 1986; Tonn, 2003).

2.4.4 Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional (PO) é uma abordagem científica à resolução de problemas complexos, onde um sistema é modelado matematicamente para apoiar processos decisórios (Wagner, 1975). A PO incorpora medidas de fatores como chance, risco e análise das relações, com o objetivo de prever e comparar os resultados das alternativas, estimando suas consequências e visando calcular o mérito de cada uma das ações (Ravindran, Phillips, & Solberg, 1987).

A PO surgiu na época da Segunda Guerra Mundial, devido a problemas de alocação de recursos, e desde então vem sendo aplicada em diversas áreas (Wagner, 1975).

Comprovadamente percebe-se que a PO foi desenvolvida como uma ciência de apoio ao processo decisório. Pode-se concluir que a tomada de decisão mais acertada é o objetivo final em todos os problemas de PO (Winston, 2004).

As principais características da solução de problemas utilizando PO são: resultados focados na tomada de decisão; avaliação baseada em critérios mensuráveis; modelagem matemática; e utilização de recursos computacionais para tratamento e simulação de dados (Wagner, 1975).

O desenvolvimento de um modelo matemático deve considerar uma série de limitações que surgem diretamente das hipóteses básicas definidas inicialmente e que estão de acordo com os objetivos e definições do problema (Bronson, 1982).

A Programação Linear é um tipo de PO muito utilizada em otimizações lineares, utilizando equações lineares para expressar um sistema específico em linguagem matemática (Ravindran et al., 1987; Wagner, 1975; Winston, 2004).

A Programação Linear é vastamente utilizada na solução de problemas em várias áreas do conhecimento. Os problemas, na sua maioria, podem ser representados ou aproximados por modelos de programação linear, possibilitando simulações com variações de dados e proporcionando análise e comparação dos resultados da programação com a realidade (Ravindran et al., 1987).

De forma similar a outros modelos de decisão, a Programação Linear segue uma sequência de estruturação do processo decisório, desde a formulação ou definição do problema; elaboração de um modelo matemático; obtenção dos resultados a partir do modelo; teste e

avaliação do modelo a partir dos resultados encontrados; implementação, acompanhamento e controle da solução (Ackoff & Sasieni, 1968).

Não fugindo ao tradicional de outros modelos decisórios, em que as possíveis soluções surgem das necessidades apontadas no problema, sabe-se que a fase de formulação e abrangência dos requisitos do problema é fundamental e decisiva para a construção de um modelo que seja ao máximo aproximado do sistema real. O objetivo é buscar soluções ótimas, pois, toda a análise de possibilidades de solução e escolha das alternativas será baseada nas premissas do âmbito do problema. Relacionando esses aspectos com a Programação Linear pode-se identificar na fase de formulação do problema três pontos principais: Identificação das variáveis de decisão desconhecidas; identificação e representação dos objetivos na forma de uma função linear, também chamada de Função Objetivo; e identificação das restrições, representando-as na forma de equações ou inequações lineares em função das variáveis de decisão (Ravindran et al., 1987; Winston, 2004).

A estruturação de um processo decisório utilizando a programação linear pode ser realizada de duas formas: a primeira é modelar a programação com apenas um objetivo, considerando um único critério na função objetivo, sendo os demais critérios tratados como restrições; a outra forma é a consideração de múltiplos objetivos, quantos necessários para a solução, onde todos os critérios serão inseridos na função objetivo. No entanto, a programação matemática limita-se a dados ou informações de caráter quantitativo, trazendo a aplicação do método algumas limitações. Considerando estes aspectos, fez-se necessária uma abordagem mais flexível e que considerasse as limitações de uma análise simplesmente quantitativa ou puramente qualitativa, introduzindo as combinações da utilização conjunta de métodos multicritério e de programação da pesquisa operacional (Ghodsypour & O'Brien, 1998). A programação facilita a solução de combinações matemáticas de grandes volumes de informação, propondo otimizar os métodos qualitativos multicritério. Já na transposição dos aspectos qualitativos para escalas quantitativas deve-se criteriosamente analisar as comparações de prioridade, relacionando-as a factos ou evidências. Deve-se justificar os níveis de preferência, em detrimento de inconsistências de relações comparativas ou mesmo pelas manipulações subjetivas das informações, podendo comprometer o processo decisório, colocando em risco a decisão e trazendo consequências

desastrosas pelos erros na escolha das alternativas (Ghodsypour & O'Brien, 1998; Ramanathan & Ganesh, 1995; Stannard, Zahir, & Rosenbloom, 2006).

A simulação de hipótese ou distribuição de dados é uma ferramenta de análise para estudar o comportamento de um determinado sistema, através de modelos que representam a realidade de forma sistemática e simplificada, permitindo a manipulação e estudo detalhado de um projeto, processo, melhoria ou problema. A simulação permite que se faça uma análise do sistema em questão, sem a necessidade de interferir na realidade. Todas as mudanças e consequências, por mais profundas que sejam, ocorrerão apenas no modelo computacional até que uma conclusão ou solução seja encontrada. Permite testar diversos cenários e alternativas com baixo custo de análise. A simulação utiliza modelos virtuais que são definidos através de parâmetros, critérios ou variáveis, que são combinados através de lógica e matemática, a fim de analisar as diferentes combinações e iterações possíveis (Law, 2013; Mhada, Hajji, Malhamé, Gharbi, & Pellerin, 2011; Winston, 2004).

2.4.5 Modelo decisório racional

Em relação aos processos decisórios e à tomada de decisão, racionalidade e subjetividade estão juntas. É difícil estabelecer processos decisórios isentos de subjetividade, apesar da busca para minimizá-la frente aos riscos nos resultados. Apesar de utópico, a racionalidade absoluta busca a decisão perfeita. Considera que os agentes responsáveis pelo processo sejam capazes de identificar perfeitamente o problema, considerem todas as alternativas possíveis, possam analisar profundamente todas as alternativas e escolher a que maximize os resultados. Essa teoria desconsidera as incertezas e riscos no processo decisório, e ainda a limitada percepção humana, existente mesmo com um alto nível de capacitação e experiência. Mais próximo da realidade, é considerar a existência da subjetividade nas decisões e procurar através de métodos e modelos reduzi-la a níveis mínimos e aceitáveis. Em situações específicas, onde se exige do agente de decisão experiência e conhecimento apurado, essa subjetividade extra método, participante da estruturação do problema, pode ajudar na solução de problemas complexos (Robbins & Coulter, 2012).

Apesar da objetividade da teoria racional, que fundamentou a criação de outros modelos, e da atual utilização da pesquisa operacional nas aplicações dos processos decisórios, observa-

se que em algum momento da construção do processo, níveis de subjetividade na elaboração dos modelos estejam presentes, sejam para prescrever ações ou descrever a realidade, mesmo que sob a visão de especialistas das áreas de conhecimento e aplicação da decisão.

As críticas à racionalidade absoluta não negam a sua contribuição para o desenvolvimento de outros métodos e modelos que sistematizam processos decisórios, pois a sua aplicação emerge várias questões práticas de inviabilidade, provocando a necessidade de ajustes e adaptações, culminando em novas formulações (Robbins & Coulter, 2012; Simon, 1977).

A nova abordagem inclui nos modelos níveis aceitáveis de subjetividade. A tendência atual é de que equipes multidisciplinares são mais eficientes no processo e tomada de decisão do que um único indivíduo, o que parece ser contrário à teoria racional, que pressupõe a existência de um indivíduo iluminado, dotado de infalibilidade e absolutismo, como os reis e imperadores, com atributo de deuses. Atualmente entende-se que o envolvimento de uma equipe no processo decisório seja mais eficaz, promovendo o compartilhamento do conhecimento e das responsabilidades pela decisão (Juran & Godfrey, 1999; Robbins & Coulter, 2012; Simon, 1977).

A grande quantidade de informações disponíveis mobiliza os gestores a serem auxiliados por métodos sistemáticos de tratamento de dados. A seleção e busca de informações em bases de dados e a emissão de relatórios economizam tempo e recursos, além de aumentarem a confiabilidade do processo decisório. Existem limites para os indivíduos processarem grandes quantidades de informações, fazendo com que os gestores distorçam a interpretação do problema, misturem soluções e selecionem a informação, de acordo com sua facilidade de acesso, tornando o processo tendencioso na escolha da alternativa, desconsiderando os riscos, as consequências, e a oportunidade de inovação existente no processo decisório (Juran & Godfrey, 1999; Robbins & Coulter, 2012; Simon, 1977).

Uma alternativa à racionalidade absoluta é a racionalidade limitada. Mais próximo da realidade, o gestor desenvolve modelos simplificados que expressam as características essenciais do problema. Admitindo a limitação e os riscos, os gestores optam por uma visão reduzida e simplificada da realidade, desconsiderando as variáveis indefinidas ou simplificando-as. O resultado tende a uma decisão satisfatória, ou seja, boa o suficiente para minimizar o problema. Com isso, pode-se trabalhar continuamente, sempre através de

simplificações, implementando as escolhas e avaliando a eficiência dos seus resultados, criando um ciclo de melhoria continua, frente a um mesmo problema. Para situações de grandes limitações e pequenos riscos, essa estratégia funciona satisfatoriamente (Robbins & Coulter, 2012).

Apesar das diretrizes gerais da teoria da administração, percebe-se forte influência da pessoa do gestor sobre os processos decisórios. A visão e as preferências dos gestores interferem significativamente na forma de gerir os processos, e como consequência, surge uma forte influência na implementação de melhorias, investimentos, métodos de controle, indicadores, estratégias e objetivos. Os objetivos táticos ou estratégicos em cada processo remetem para a percepção da realidade por parte de cada gestor, influenciando diretamente nas suas decisões (Nutt, 1986).

2.4.6 Modelos de decisão multicritério

A abordagem multicritério diferencia-se no aspecto de que aceita e inclui explicitamente a subjetividade como algo importante para o decisor. Considera importante o conhecimento e a experiência do decisor em uma realidade específica, auxiliando na definição de preferências e prioridades. É mais adaptada às tendências modernas de gestão que entende a racionalidade limitada, equipes multidisciplinares de decisores, contextos complexos e cheios de incerteza e o envolvimento de uma grande quantidade de objetivos e políticas de caráter qualitativo e quantitativo. Nessa abordagem exige-se analisar os critérios pessoais de preferência dos decisores ou, quando estão envolvidas empresas, as suas políticas, que expressam sua identidade e valores estratégicos (Boulesnane & Bouzidi, 2013; Choo, 2006). Dessa forma, os modelos multicritério tendem a transformar preferências ou atributos de ordem qualitativa em critérios quantitativos e hierarquizados. Essa transformação é essencialmente subjetiva, pois a equipe deve atribuir valor ou peso a cada critério no processo de decisão. Depois utiliza-se algum fator matemático para definir as melhores escolhas, já que os critérios estão representados quantitativamente. Portanto, a abordagem multicritério de decisão não prescreve o processo decisório, mas constrói-o a partir das estratégias e objetivos de cada problema e gestor (Marttunen, Lienert, & Belton, 2017; Montibeller, Belton, Ackermann, & Ensslin, 2008; Wallenius et al., 2008).

2.4.7 Multiattribute Utility Theory

A Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT do inglês *Multiattribute Utility Theory*), introduzida por Keeney e Raiffa (1993) é uma extensão da Teoria da Utilidade. A Teoria da Utilidade assume que o gestor precisa escolher a melhor alternativa, ou seja, que tenha o maior nível de utilidade e satisfação. A preferência do gestor perante os riscos e incertezas é representada por um modelo matemático chamado função de utilidade. Essa função multicritério utiliza outras funções para avaliar a maior satisfação (Wallenius et al., 2008). Este método permite que o gestor estruture um problema complexo em uma hierarquia, e avalie subjetivamente um número grande de atributos, tanto qualitativos como quantitativos. A MAUT é uma das técnicas mais simples se comparada a outros métodos de análise multicritério existentes (Dyer, Fishburn, Steuer, Wallenius, & Zionts, 1992; Min & Hokey, 1994).

Como qualquer outro modelo de processo decisório, o primeiro passo é estabelecer os objetivos e as metas da decisão, assim como, definir o problema. Antes de iniciar o processo de análise das alternativas, deve-se definir um conjunto de atributos relevantes que afetam a decisão e organizá-los hierarquicamente. A escolha dos atributos e a própria hierarquia são definidos subjetivamente pelo gestor ou equipe de acordo com preferências ou estratégias. O próximo passo da aplicação consiste em pontuar os atributos com pesos, também de forma subjetiva. Por fim, pontuam-se as alternativas em relação aos atributos. A relação entre os atributos e as alternativas de escolha pode ser organizada em uma árvore ou tabela com o somatório das alternativas. Completada a tabela, será escolhida a opção que apresente o maior somatório na relação “peso x pontuação das alternativas” (Min & Hokey, 1994).

O método permite que uma análise de sensibilidade seja realizada, na qual é possível variar os pesos dos atributos e as pontuações das alternativas, observando o impacto destas mudanças no resultado. No contexto das organizações, é adequado que o processo de construção da árvore de valor seja elaborada e definida por especialistas das várias áreas envolvidas no problema. O objetivo é dar maior consistência e confiabilidade ao processo, permitindo uma análise crítica dos resultados e dos impactos da sua implementação (Min & Hokey, 1994).

Uma das vantagens deste modelo, em detrimento a outros, é a possibilidade de uma avaliação mais abrangente com inúmeros critérios e alternativas. Também é de fácil aplicação pois o próprio gestor pode elaborar e conferir: pesos; pontuações; e resultados, envolvendo operações matemáticas simples (Min & Hokey, 1994).

Uma deficiência considerável nesse modelo é não estabelecer uma pontuação mínima para cada critério. Possibilitando que uma alternativa receba pontuação maior do que as demais e seja escolhida, mesmo que apresente critérios com pontuações muito baixas, pois, as pontuações altas em outros critérios podem tornar a média da alternativa maior do que das demais. Isso pode comprometer o processo decisório, e selecionar uma alternativa que no futuro possa criar grandes limitações em relação a esse critério deficiente. O ideal seria definir uma pontuação de corte para cada critério, o que eliminaria uma alternativa que ficasse uma pontuação abaixo dessa mínima permitida. Entretanto, esse ajuste é possível e aceite, dada a necessidade de cada realidade e análise dos gestores envolvidos na decisão. Por exemplo, pode ser estabelecida uma pontuação de corte para algum critério específico, justificando a inadequação da alternativa que apresente pontuação inferior. Outra possibilidade seria que ao invés de somar o resultado do produto de cada peso pela pontuação da alternativa, multiplicar, o que mudaria a pontuação final das alternativas, potencializando a influência das pontuações mais baixas no resultado.

2.4.8 *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 70, é um dos métodos mais utilizados pelos gestores, e tem como principal objetivo auxiliar na estruturação de um processo decisório (Vaidya & Kumar, 2006). Os critérios ou atributos são os fatores ou variáveis selecionadas pelos decisores para auxiliar na escolha da melhor alternativa. As alternativas são as opções de decisão selecionadas. O AHP é um método que se baseia em comparações de cada critério, entre pares de alternativas. A comparação de critérios e alternativas ocorre com a atribuição de pesos relativos a partir do julgamento de equipas e especialistas. Essa comparação atribui com pesos relativos e define prioridades auxiliando na sistematização de decisões complexas. Com isso, o AHP possibilita considerar uma grande quantidade de critérios e alternativas no processo decisório (Saaty, 2008).

A definição dos critérios e alternativas é algo próprio do contexto da decisão. Também, a comparação entre pares tem um grau de subjetividade relativa à percepção dos decisores quanto às alternativas e critérios. Para a comparação entre pares utiliza-se normalmente a Escala de Saaty, apesar de outras abordagens serem possíveis e atualmente utilizadas. Apesar da grande permissibilidade subjetiva, principalmente na comparação dos pares, o método é sistemático na estruturação, medição e síntese de problemas de decisão. Em vários estudos de aplicação do AHP, os problemas são estruturados (hierarquização de alternativas e critérios) e as comparações são realizadas por equipas em consenso, ou por vários especialistas que combinam suas observações na fase de síntese e avaliação da decisão. O AHP é um método flexível, de estruturação de problemas, que permite análise de consistência, revisão e reestruturação (Davies, 1994; Forman & Peniwati, 1998; R. Russo & Camanho, 2015). A taxa de consistência é uma medida mínima determinada pelo AHP para avaliar o resultado das comparações. Para melhorar a consistência, ou reduzir a inconsistência, os decisores devem alterar alguma comparação, o que normalmente pode ser conseguido usando-se valores intermediários da Escala de Saaty (1 a 9) como 2, 4, 6 e 8 (Saaty & Tran, 2007).

Atualmente, várias técnicas e escalas são utilizadas para auxiliar o AHP na definição de pesos, preferências, avaliação das alternativas e critérios como Lógica Fuzzy, TOPSIS, GRA, COPRAS, ELECTRE e VIKOR (Amiri, 2010; Büyüközkan & Çifçi, 2012; Dağdeviren, Yavuz, & Kilinç, 2009; Das, Sarkar, & Ray, 2012; Kaya & Kahraman, 2011a, 2011b; Opricovic & Tzeng, 2004; Pophali, Chelani, & Dhodapkar, 2011; Rostamzadeh & Sofian, 2011; R. Russo & Camanho, 2015; Saaty & Tran, 2007; Sun, 2010). A Lógica Fuzzy é um dos mais utilizados e trata a imprecisão subjetiva do AHP, estendendo o conceito de falso ou verdadeiro para lidar com a parcialidade. Então, a inferência Fuzzy na escala de 1 a 9 (Saaty) expressa o grau de imprecisão do julgamento, estabelecendo limites inferior e superior. Torna-se útil na quantificação de critérios expressamente qualificados por sensibilidade humana, ou seja, com elevado grau de subjetividade (Bulut, Duru, Keçeci, & Yoshida, 2012; D.-Y. Chang, 1996; Kilincci & Onal, 2011).

Devem-se manter os históricos de decisão que reúnam e conservem os elementos factuais e informações. Preferencialmente, devem ser mantidas em meios eletrónicos ou sistemas computadorizados para posterior consulta, tanto para resguardar a decisão de possíveis

consequências, quanto para auxiliar outras decisões similares (Bentes, Carneiro, da Silva, & Kimura, 2012; Cebeci, 2009; Davies, 1994; Ngai & Chan, 2005; R. Russo & Camanho, 2015).

As críticas ao AHP estão normalmente ligadas à correspondente relação entre a avaliação e a escala (subjetividade aleatória). Cada organização deve buscar realizar esta correspondência, baseando-se em relações testadas ou evidentes, com o risco de gerar inconsistências, ou pior, que esta relação seja tão subjetiva que comprometa toda a aplicação do processo decisório.

A escala está limitada a valores de 1 a 9 conforme mostra a Tabela 5, o que tenderá a provocar inconsistências nas relações comparativas entre mais de dois fatores. Por exemplo, se A é considerado 9 vezes mais importante do que B, e B é 3 vezes mais importante do que C, então A deve ser 27 vezes mais importante do que C, mas isso não é possível, já que a escala vai até 9. Portanto, os gestores devem ter uma visão comparativa ampla, mesmo ao avaliar dois critérios entre si, pois esta comparação também terá influência nas demais comparações (Ognjanović, Gašević, & Bagheri, 2013; Tan, Aviso, Huelgas, & Promentilla, 2014).

Este método pode requerer um grande número de matrizes de comparação, proporcionalmente à quantidade de alternativas e critérios, o que torna o método demasiadamente longo e cansativo. Nesses casos, é interessante que sejam utilizados recursos computacionais.

Reconhecidamente o método AHP auxilia na estruturação hierárquica do processo decisório, principalmente ao relacionar e comparar critério a critério, e alternativa a alternativa, para construir matrizes de preferência, médias, pesos percentuais e por fim escolhas. O método permite quantificar critérios subjetivos e pode ser aplicado a uma ampla variedade de problemas. Contudo é necessária uma análise crítica aos mecanismos de cálculo para que o gestor conheça as limitações do método e consequentemente busque alternativas para aplicá-lo, se assim julgar necessário (Phillips, 1982, 1984).

Tabela 5 - Escala Fundamental de Saaty – AHP

Intensidade de Importância	**Pontuação**	**Forma de Avaliação**
1	Igual Importância.	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra.	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial.	A experiência ou julgamento favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada.	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância pode ser demonstrada na prática.
9	Importância Absoluta.	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6 e 8	Valores Intermediários.	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Adaptado de Saaty (2008).

2.4.9 *Elimination and Choice Expressing Reality* (ELECTRE)

ELECTRE significa Eliminação e Escolha como Expressão da Realidade, do original em francês *Elimination et Choix Traduisant la réalité*. Idealizado por Bernard Roy na década de 1960, com a finalidade de resolver um problema de escolha e seleção da melhor alternativa de um conjunto de ações, leva em consideração critérios que influenciam na escolha (Araujo & Amaral, 2016; Figueira, Greco, & Ehrogott, 2005; Govindan & Jepsen, 2016).

A principal característica do ELECTRE é a da incomparabilidade e da fundamentação não compensatória, ou seja, o resultado de um critério pode não se equilibrar o outro. Há várias versões do método (ELECTRE I, II, III, IV, IS e TRI), porém, todas possuem o mesmo princípio, diferenciando-se em alguns procedimentos matemáticos, resultados e objetivos (Durucasu, Aytekín, Saraç, & Orakçi, 2017; Figueira et al., 2005; Govindan & Jepsen, 2016).

As principais vantagens do ELECTRE, além da atribuição de peso aos critérios, similar ao AHP, são a possibilidade de critérios quantitativos com desempenho ou valor próprio, na mesma análise de critérios qualitativos com desempenho ou valor atribuído, sem comparação direta

entre eles. Outra vantagem são as definições do relacionamento de dominância, abrindo um maior leque de possibilidade para a análise de sensibilidade de limiares nas concordâncias e discordâncias. Permite eliminar alternativas em resultados parciais, permite grande quantidade de dados, alternativas e critérios, além de um método matemático mais simplificado do que o AHP. O método permite grande subjetividade e preferência na definição dos pesos dos critérios, que dependendo os objetivos e tipo de decisão pode ser um aspecto positivo ou negativo. Cada versão do ELECTRE possui um resultado específico entre seleção, ordenação e classificação, podendo ou não utilizar peso para os critérios, caso específico do ELECTRE IV (Agrebi, Abed, & Omri, 2017; Araujo & Amaral, 2016; Aytac, Tus, & Kundakci, 2011; Durucasu et al., 2017; Figueira et al., 2005; Govindan & Jepsen, 2016; Yavuz, 2013).

2.4.10 *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE)

O Método de Organização do Ranking de Preferência (PROMETHEE), desenvolvido a partir do ELECTRE, com o objetivo de simplificar a compreensão, atribuição e mensuração de parâmetros, é considerado mais efetivo nas aplicações e robusto a variações, por isso indicado para decisões que utilizam lógica *fuzzy* (nebulosa). O PROMETHEE possui ramificações (PROMETHEE I, II, III, IV, V e VI), sendo que cada uma delas é função geradora de um tipo de resultado (Behzadian, Kazemzadeh, Albadvi, & Aghdasi, 2010; De Keyser & Peeters, 1996; Durucasu et al., 2017; Figueira et al., 2005).

Assim como o ELECTRE, o PROMETHEE é não compensatório, pois não há *trade-offs* entre os critérios, e a desvantagem de um critério não é compensada pela vantagem em outro. Dessa forma, baseia-se na superação e sobre classificação para definir vantagem, desvantagem ou indiferença entre as alternativas, estabelecendo o ranking de preferências (Behzadian et al., 2010; Brans, Vincke, & Mareschal, 1986; Mohamadabadi, Tichkowsky, & Kumar, 2009; Vulević & Dragović, 2017; Yu, Xu, & Ma, 2013).

Na aplicação do método são estabelecidos pesos para os critérios, de acordo com as preferências do decisor. Depois as alternativas são comparadas entre si em cada critério. A alternativa com melhor desempenho (valor ou atributo) obtém a vantagem, e a outra alternativa desvantagem. Então, as alternativas apresentam vantagens, desvantagens ou

indiferenças (quando forem iguais os desempenhos entre elas) quando comparadas entre si no mesmo critério. A alternativa que obtém vantagem, pontua no total, de forma proporcional ao peso do critério de comparação. Todas as vantagens obtidas pela alternativa nos critérios são somadas, assim como, as desvantagens, e divididas pela quantidade de alternativas. As indiferenças (mesmo desempenho) não interferem no resultado. Os totais de vantagens e desvantagens, após divididos pelas quantidades de alternativas, são subtraídos para obter o resultado da totalização, que promove o ranking, priorização ou classificação das alternativas. A Tabela 6 exemplifica os resultados das comparações para a Alternativa B (apenas uma). A totalização (0,4015) é o valor que representa o desempenho da Alternativa B em relação às demais. Cada Alternativa deve possuir sua própria Matriz de desempenho. O *ranking* de preferência é estabelecido pela ordem decrescente dos valores de desempenho (Brans et al., 1986; Figueira et al., 2005; Mohamadabadi et al., 2009; Yu et al., 2013). C1, C2, C3, C4 e C5, identificados na Tabela 6, são diferentes critérios de comparação entre as alternativas.

Tabela 6 – Matriz de desempenho da Alternativa B (PROMETHEE)

PARÂMETROS: Alternativa B		**CRITÉRIOS**					**TOTAIS**
		C1	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**5**
Peso do Critério		0,267	0,1	0,1	0,267	0,267	1,0
COMPARAÇÕES DA ALTERNATIVA 1 COM AS DEMAIS ALTERNATIVAS EM RELAÇÃO A CADA CRITÉRIO	Quant. Vantagens	12	24	18	22	18	94
	Quant. Desvantagens	6	4	11	4	7	32
	Quant. Indiferenças	11	1	0	3	4	19
	Total Vantagens	3,204	2,4	1,8	5,874	4,806	0,6028
	Total Desvantagens	1,602	0,4	1,1	1,068	1,869	0,2013
	Quant. de Alternativas	30			**Totalização**		**0,4015**

2.4.11 Utilização de *software* na análise de decisão

Um processo formal de análise de decisão busca estruturar e organizar um problema de forma eficiente. Deve ser claros e concisos os objetivos, as opções, recompensas, incertezas e riscos de cada escolha (Albright & Winston, 2016; Baird, 1989; Bernhard, 1991; Clemen, 1996; Clemen & Reilly, 2001; Howard & Matheson, 1989).

As árvores de decisão são uma ferramenta abrangente para a modelagem de todas as opções e detalhes que envolvem a decisão numa ordem cronológica. As árvores são modeladas comumente utilizando nós e ramos. Os nós, são pontos de decisão, probabilidade, cálculo, lógica ou terminais de valores (*payoff*). Dos nós saem os ramos que representam as opções de caminhos para outros nós. Então, uma decisão deve percorrer um caminho com "nós" e "ramos" até à opção de decisão que retorna um valor esperado ou probabilidade referente ao caminho percorrido. Os nós de uma árvore são definidos diretamente nas células da planilha através das probabilidades e valores associados aos ramos. Cada nó retorna um valor que representa o valor esperado ou o equivalente de certeza do modelo de decisão no nó. O caminho ótimo pode ser configurado para o payoff máximo ou mínimo do valor esperado ou utilidade em um nó de decisão (De Neufville, 1990; Olivas, 2007).

Os cálculos relativos aos valores exibidos podem ser de árvores cumulativas, árvores de fórmula e árvores vinculadas. Nas árvores cumulativas, o valor final é a soma de todos os valores dos ramos no caminho. Quando uma fórmula de payoff estiver especificada em qualquer um dos nós, ela será aplicada ao ramo antes da soma. Nas árvores de fórmula o valor final é calculado pela avaliação da fórmula padrão especificada na raiz da árvore ou a fórmula especificada no nó terminal. Nas árvores vinculadas, o valor de cada ramo, na célula especificada, é substituído na célula vinculada do nó de onde o ramo se origina, através do caminho da esquerda para a direita. Quando um nó terminal é alcançado, a planilha é recalculada, e o valor final para esse nó particular é retirado da célula especificada para o nó terminal (De Neufville, 1990; Olivas, 2007; Palisade Corporation, 2015).

O valor esperado (ou utilidade esperada) de nós terminais é determinado por nós de probabilidade, decisão ou lógica. Nos nós de probabilidade calcula-se a média dos valores finais ponderados pelas suas probabilidades correspondentes. As probabilidades finais são determinadas pela multiplicação da probabilidade de cada ramo ao longo do caminho. Nos nós de decisão usa-se o valor do ramo ótimo (máximo ou mínimo). Em empate de valores, o ramo superior é selecionado. Nos nós de lógica usa-se o valor esperado do caminho especificado como "verdadeiro", pelas declarações de lógica do ramo. Não havendo ramo "verdadeiro", um valor de erro é mostrado. Quando mais de uma declaração de lógica é "verdadeira", o valor esperado será a média de todos os ramos que forem "verdadeiro", ou

seja, o nó de lógica funcionará como um nó de probabilidade, com probabilidades iguais entre os ramos verdadeiros (De Neufville, 1990; Olivas, 2007; Palisade Corporation, 2015).

A análise de decisão de uma árvore de decisão produz dados estatísticos, gráficos e sugestões de política, incluindo perfil de risco e análise de sensibilidade, à medida que valores são inseridos ou editados (Hulett, 2006; Palisade Corporation, 2015).

A análise de sensibilidade permite examinar o efeito de alterar uma ou mais variáveis. Isso pode ser especialmente útil para avaliar o modelo ou encontrar os valores-limite, dentro dos quais ocorrem mudanças na escolha de uma das opções (French, 1992; Palisade Corporation, 2015).

Um intervalo de valores pode ser inserido, ou funções de distribuição, no lugar dos valores e probabilidades nominais e médios. Então, uma simulação pode ser executada usando uma amostra de cada distribuição usada com cada iteração da simulação, fornecendo as combinações ótimas.

Funções de utilidade podem ser utilizadas para converter os *payoffs* monetários de um modelo para uma medida diferente de utilidade esperada. Isto pode ser útil para incluir a atitude do agente de decisão em relação ao risco numa análise de decisão, em que a decisão ótima pode não ser aquela que maximiza o valor monetário esperado, quando os riscos são levados em consideração. Em decisões que envolvem incertezas e riscos convém considerar a preferência ou neutralidade ao risco e ponderar os valores esperados e o risco das opções de decisão (Palisade Corporation, 2015).

Uma função de utilidade é uma expressão que explica o risco pela conversão do *payoff* de uma decisão em unidades de utilidade. A utilidade de uma decisão é então comparada com a de outra decisão para se definir qual é a ótima. Entretanto, o equivalente de certeza e o prêmio do risco expressam com valores comparativos aos valores esperados. O equivalente de certeza é a quantidade de dinheiro (exemplo de valor) que se aceitaria para evitar uma situação e é calculado usando-se o inverso da função de utilidade e a utilidade esperada do nó. Em vez de tomar a sua decisão baseada na utilidade esperada, pode-se selecionar a opção com o maior equivalente de certeza, com equivalente correspondência a utilidade. O prêmio do risco é a diferença entre o valor esperado e o equivalente de certeza de um evento. Quanto mais alto for o prêmio do risco, mais avesso ao risco será o agente de

decisão. Se o prêmio do risco for um número negativo, o agente de decisão tem proponsão ao risco. Para uma situação de neutralidade ao risco, o prêmio é zero (Palisade Corporation, 2015).

As análises de decisão podem frequentemente utilizar algum tipo de *software* que processe informações de forma rápida e precisa. O PrecisionTree é um *software* suplementar ao Microsoft Excel que permite realizar uma análise de decisão completa, utilizando dados de uma planilha Excel. No PrecisionTree, todos os valores do modelo de decisão são inseridos diretamente em células de planilha do Excel, sejam na própria árvore ou em planilhas vinculadas. Os valores ou resultados são utilizados como *payoffs* de cada caminho da árvore de decisão. Os cálculos de *payoff* e valor esperado acontecem automaticamente à medida que os valores são editados, inseridos e alterados em planilhas ou nas células da própria árvore. O PrecisionTree fornece relatórios objetivos, incluindo resumos estatísticos, perfis de risco e sugestões de políticas. Além disso, pode gerar mais resultados qualitativos, que ajudam a compreender desvantagens, conflitos de interesse e objetivos importantes. Todos os resultados de análises são apresentados diretamente no formato do Excel, permitindo que sejam facilmente personalizados, impressos e salvos. Análises gráficas de sensibilidade unidirecional e bidirecional são exemplos de relatórios emitidos pelo PrecisionTree, numa análise de decisão, possibilitando identificar as variáveis mais importantes e determinantes na decisão. Os pacotes de *software* TopRank e @Risk podem ser utilizados em conjunto com o PrecisionTree (Palisade Corporation, 2015).

O TopRank é uma ferramenta de análise de variações hipotéticas para planilhas. Aperfeiçoa muito os recursos comuns de tabela de dados e análise de variações hipotéticas encontrados nas planilhas. O TopRank ajuda a localizar quais valores ou variáveis da planilha afetam mais os resultados em uma análise de sensibilidade ou de variações hipotéticas automática. O TopRank também pode experimentar automaticamente qualquer número de valores para uma variável e gerar os resultados calculados para cada valor. O TopRank também testa todas as combinações possíveis de valores para um conjunto de variáveis (uma análise multidirecional de variações hipotéticas), e gera os resultados calculados para cada combinação. Executar uma análise de sensibilidade ou de variações hipotéticas é um componente essencial de qualquer tomada de decisão. Essa análise identifica quais variáveis

afetam mais os resultados, demonstrando os fatores que mais influenciam a decisão (Palisade Corporation, 2015).

2.4.12 Análise económica de investimentos

A engenharia económica possibilita uma análise abrangente acerca da utilização de recursos e aplicação de capital. O objetivo dessa análise é avaliar as diferentes alternativas disponíveis, extraindo considerações e propondo soluções para auxiliar na tomada de decisão. Investimentos, aplicações de capital e utilização de recursos visam o máximo aproveitamento dos valores monetários, transformando-os em lucro. Para avaliar essas alternativas, faz-se uso de técnicas matemáticas, critérios quantitativos e qualitativos, focados na rentabilidade financeira (Kim, 2006; Maccarrone, 1996).

Dessa forma, algumas variáveis tornam-se objeto matemático de estudo como taxa de juros, nível de capital investido, inflação, risco, incerteza, oportunidades, taxa e tempo de retorno, e lucratividade. Cabe ressaltar que para a engenharia económica, qualquer recurso empregado, como custos industriais, aquisição e depreciação de meios, é visto como capital investido, considerando seu valor monetário em função do tempo e das oportunidades disponíveis concorrentes. Mesmo que outros interesses estratégicos estejam envolvidos, estes investimentos devem proporcionar retorno e lucro a um nível satisfatório, definido nos objetivos do negócio, a partir de uma análise económica (Paquin, Gauthier, & Morin, 2016; Tangvitoontham & Chaiwat, 2012).

Apesar da indicação e teoria sobre juros simples, estes raramente são utilizados em análises de investimento reais. Quando efetivamente se aplicam taxas de juros, estas são compostas e impactam significativamente no crescimento exponencial do valor do capital. Essa prática das instituições financeiras torna mais difícil o retorno de investimento por empréstimo e atraente o investimento em aplicações com alta rentabilidade, em função do tempo. Esse cenário exige análise económica acurada da comparação de oportunidades (Arnold & Hatzopoulos, 2000; Farragher, Kleiman, & Sahu, 1999).

Risco e incerteza são fatores probabilísticos envolvidos nas decisões de investimento com singela diferença entre si. Busca-se estimar os riscos consequentes em termos

probabilísticos, entretanto, a incerteza é uma parcela probabilística imprevisível, onde o resultado não pode ser estimado (Paquin et al., 2016).

Existem vários métodos para incorporar o risco e a incerteza na análise de investimentos. De entre eles destacam-se o aumento da taxa de retorno, ajuste dos fluxos de caixa e a redução do tempo de retorno.

À medida que a rentabilidade efetiva difere da esperada, além de incorporar antecipadamente o risco na análise de investimentos, este pode ser mensurado através de métodos de previsão determinísticos, como a análise de sensibilidade, ou métodos probabilísticos, como a avaliação da covariância com outros projetos de investimento, rentabilidade ou prejuízo esperado.

A análise de sensibilidade é a preferida frente aos outros métodos disponíveis, pela simplicidade em relação à complexidade dos demais (Arnold & Hatzopoulos, 2000; Megginson, Smart, & Lucey, 2008; Paquin et al., 2016).

Outro fator a ser considerado é a inflação, que é a perda do poder aquisitivo ou de compra da moeda. Essa perda pode impactar na análise económica, e quando ocorrer, deve ser considerada. Em alguns casos não é necessário considerá-la, como no caso de todos os fatores serem afetados da mesma forma, ou quando a taxa de juro já a agrega, pela estimativa de inflação projetada pelo mercado financeiro. Atualmente tem crescido o ajuste pela inflação, através do uso da taxa de juro com a inflação estimada agregada, a fim de corrigir os fluxos de caixa de investimentos. A globalização dos mercados e as flutuações cambiais que impactam significativamente no valor das mercadorias e dos custos logísticos são responsáveis diretos por grande parte das oscilações de preço, de acordo com cada país (Copeland, Weston, & Shastri, 2005; Tangvitoontham & Chaiwat, 2012).

Os métodos mais utilizados de análise económica de investimentos são baseados em fluxos de caixa em função do tempo. De entre eles destacam-se o Valor Presente Líquido, a Taxa Interna de Retorno, o Índice de Lucratividade, o Período de Retorno do Capital (*payback*) e a Taxa Mínima de Atratividade (Copeland et al., 2005; Grant, Ireson, & Leavenworth, 1990; Megginson et al., 2008).

O Valor Presente Líquido (VPL) é um dos métodos mais recomendados pela teoria financeira e é calculado a partir da diferença entre as entradas líquidas e o valor investido no

empreendimento. Apesar de eficiente na quantificação dos fluxos de caixa, apresenta relativa dificuldade de compreensão e interpretação para o processo de decisão de investimento. Supõe que os fluxos de caixa serão reinvestidos a uma determinada taxa, levando os decisores a considerar esse fator impactante na estimativa dos ganhos, retendo o fluxo de caixa às outras aplicações (Copeland et al., 2005; Megginson et al., 2008; Tangvitoontham & Chaiwat, 2012).

Apesar da recomendação da teoria financeira, a Taxa Interna de Retorno (TIR) é um dos métodos mais populares no meio empresarial por ser facilmente visualizado e interpretado. Consiste em encontrar uma taxa que zera o VPL do projeto de investimento avaliado e compara-se essa taxa com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) definida pela empresa. A TMA expressa quantitativamente uma política estabelecida pela empresa ou instituição sobre os riscos e retorno ao optar por determinado investimento. Reflete um padrão de comparação na avaliação da oportunidade de investir em diferentes projetos. O projeto que não atinge esse nível deve esperar ou ser rejeitado. O método da TIR apresenta algumas limitações, como na visualização e interpretação gráfica, para o caso de empréstimos para financiamento para investimento, em que o financiador será reembolsado em vários períodos. Nesse caso, sugere-se utilizar também o VPL para tomar a decisão. Verifica-se que este método não é adequado para a análise de fluxos de caixa alternados ou variados, nestes casos devendo ser auxiliado por outros métodos ou adaptações decorrentes (Copeland et al., 2005; Megginson et al., 2008; Tangvitoontham & Chaiwat, 2012).

O Índice de Lucratividade (IL), também conhecido como relação Custo Benefício, expressa o fluxo de caixa através da razão entre as entradas líquidas e o valor do investimento em função do tempo. Este valor deve ser igual ou maior que 1 para que seja aceite, caso contrário deve ser rejeitado. Estas entradas no fluxo de caixa também sofrem o desconto da TMA estabelecida pela empresa. Percebe-se que quando o IL for maior ou igual a 1, o VPL será maior ou igual a zero, ou seja, existe uma relação proporcional e direta entre os dois métodos e resultarão nas mesmas conclusões (Copeland et al., 2005; Megginson et al., 2008; Tangvitoontham & Chaiwat, 2012).

O Período de Retorno do Capital, também conhecido como *Payback*, é o período ou tempo necessário para que os valores dos fluxos de caixa de entrada previstos e acumulados sejam iguais ao valor investido inicialmente. Pode-se aplicar taxas de desconto como a TMA ou

não, a critério da empresa. Trata-se de um método simples de avaliação de investimentos no qual o fator tempo é determinante para a seleção de projetos. Essa avaliação rejeita projetos de longo prazo onde por características próprias do negócio ou estratégia da empresa um determinado prazo de corte é adotado, pois considera outros fatores como a descontinuação de produto ou processo, instabilidade de mercado financeiro, obsolescência de tecnologia, depreciação de meios, empréstimos financeiros, fundos de investimento específicos que não visam rentabilidade, etc. Este método não é adequado para comparar fluxos de caixa, e, nesse caso, deve ser auxiliado por outros métodos (Copeland et al., 2005; Megginson et al., 2008; Tangvitoontham & Chaiwat, 2012).

2.4.13 Conclusões e considerações

As críticas à racionalidade absoluta não negam sua contribuição para o desenvolvimento de outros métodos e modelos que sistematizam processos decisórios, pois da sua aplicação emergem várias questões práticas de inviabilidade, provocando a necessidade de ajustes e adaptações, culminando em novas formulações (Robbins & Coulter, 2012; Simon, 1977).

A tendência atual é de que equipes multidisciplinares são mais eficientes no processo e tomada de decisão do que um único indivíduo. As equipes promovem o compartilhamento do conhecimento e das responsabilidades pela decisão (Juran & Godfrey, 1999; Robbins & Coulter, 2012; Simon, 1977).

A grande quantidade de informações disponíveis mobiliza os gestores a serem auxiliados por métodos sistemáticos de tratamento de dados. A seleção e busca de informações em bases de dados e a emissão de relatórios economizam tempo e recursos, além de aumentar a confiabilidade do processo decisório. Existem limites claros para os indivíduos processarem grandes quantidades de informações, fazendo com que os gestores distorçam a interpretação do problema, misturem soluções e selecionem a informação de acordo com sua facilidade de acesso, tornando o processo tendencioso na escolha da alternativa, desconsiderando os riscos, as consequências, e a oportunidade de inovação existente no processo decisório (Juran & Godfrey, 1999; Robbins & Coulter, 2012; Simon, 1977).

Uma alternativa à racionalidade absoluta é a racionalidade limitada. Mais próximo da realidade, o gestor desenvolve modelos simplificados que expressam as características

essenciais do problema. Admitindo a limitação e os riscos, os gestores optam por uma visão reduzida e simplificada da realidade, desconsiderando as variáveis indefinidas ou simplificando-as. O resultado tende a uma decisão satisfatória, ou seja, boa o suficiente para minimizar o problema (Robbins & Coulter, 2012).

Portanto, o processo decisório deve ser construído particularmente a partir da observação de uma realidade, auxiliado por métodos adequados e adaptados de tratamento de informações que subsidie as escolhas.

Apesar da utilização de sistemas computadorizados e *software*, os modelos são construídos de acordo com os objetivos e premissas estratégicas dos utilizadores. Esses modelos matemáticos contêm um misto de racionalidade e subjetividade na definição de critérios, valorização dos critérios, hierarquia dos critérios e simplificações de factores mais complexos. A grande vantagem na utilização da programação é a velocidade de processamento de grandes volumes de informação e suas combinações. Seria inviável que esses cálculos fossem realizados por um analista, pois poderia passar dias ou meses para concluir o processo, considerando erros matemáticos, revisões, verificações e ajustes (Newman, 1971).

A revisão de literatura realizada permitiu identificar as seguintes oportunidades de estudo:

- A racionalidade absoluta do decisor no processo de tomada de decisão.
- Desenvolver métodos de decisão para realidades e decisões específicas.
- Processo de tomada de decisão nas indústrias de produção em massa sobre a gestão e destinação de itens defeituosos.
- Validação e avaliação da eficácia, funcionalidade e benefícios na utilização de um método de decisão.
- Os meios e informações disponíveis são limitados para compreender totalmente a realidade na qual se pretende inserir uma decisão, oriundo da escolha entre várias alternativas e aspectos.
- A influência da subjetividade ligada aos valores, princípios e crenças do decisor no processo de tomada de decisão.

- Aquisição de informações confiáveis e isentas de parcialidade para um processo de decisão.
- Processamento, análise e comparação de informações para um processo decisório de forma automática.
- Complexidade na combinação lógica e matemática de vários efeitos e critérios no processo de decisão.
- Conhecer o comportamento de vários aspectos da realidade, sem interferir nela, a fim de obter generalizações simplificações e oportunidades de melhoria.
- Definição dos requisitos de um modelo multicritério estruturado, considerando aspectos relacionados aos objetivos, critérios, hierarquia, subjetividade, racionalidade, aspecto matemático, incerteza, simulação, análise de sensibilidade, equipes multifuncionais e compartilhamento de conhecimento e responsabilidades.
- Obtenção de informações qualitativas e quantitativas de uma população relativamente grande, em um curto período, com confiabilidade e otimização de recursos, sobre um determinado processo de decisão.

2.5 Medição de desempenho

Medição de desempenho é o processo de quantificar a eficiência e eficácia de ações. Para fazer isso, medidas de desempenho devem ser escolhidas, implementadas e monitoradas. Eficácia é o cumprimento dos requisitos do cliente, e eficiência é como os recursos da organização são usados para alcançar a satisfação dos clientes (Bourne, Neely, Mills, & Platts, 2003; Braz, Scavarda, & Martins, 2011; Nudurupati, Bititci, Kumar, & Chan, 2011).

Os indicadores devem possuir as seguintes propriedades: devem ser mensuráveis, operacionais, inteligíveis, permitir distinguir as variações no desempenho, e respeitar as propriedades das escalas ordinais (Braz et al., 2011).

Contextualizada aos estudos de custos da qualidade e processo decisório, aborda-se neste tópico a evolução dos modelos de medição de desempenho, a relação da medição de desempenho e os processos de decisão e o desenvolvimento e implementação de modelos de medição de desempenho, com indicadores de custos para a tomada de decisão. Os

subitens que o compõe são: Evolução histórica dos Modelos de Medição de Desempenho; Implementação de Modelos de Medição de Desempenho; Avaliação de Desempenho; e Conclusões e considerações.

2.5.1 Evolução histórica dos modelos de medição de desempenho

A administração científica de Taylor substituiu a forma tradicional de tentativa e erro, através de metodologias e procedimentos que permitiram sistematizar a medição e utilização dos recursos de forma mais precisa (Kaplan & Cooper, 1998).

No início do século XX, a medição de desempenho possuía indicadores financeiros, baseados nos custos dos processos, considerando o tempo de utilização dos recursos e o lucro com as vendas. Dessa forma, conheciam a eficiência e eficácia dos processos e recursos empregados, como mão-de-obra, máquinas e outros. Os custos e os lucros eram a base da medição de desempenho dos sistemas produtivos e apoiavam a tomada de decisão dos gestores quanto às metas, objetivos e investimentos.

O Indicador de Retorno sobre o Investimento (ROI – *Return on Investiment*), utilizado pela primeira vez no início do século XX, tornou-se a principal medida de avaliação de desempenho pelos gestores (Nudurupati et al., 2011).

Na década de 1960 surgiram os movimentos de gestão da qualidade e do conhecimento, quando as empresas começaram a utilizar medidas de desempenho não financeiras, o que se intensificou, na década de 1980, com o sucesso de algumas empresas como a Toyota. Na sequência, foram propostas outras abordagens para a associação de medidas financeiras e não financeiras (Nudurupati et al., 2011).

A partir de 1990, vários estudos teóricos e práticos surgiram, aprofundando-se em abordagens estratégicas, táticas, operacionais, direcionadas aos processos, produtos, colaboradores, clientes e fornecedores, considerando medidas financeiras e não financeiras. O tempo passou a ser uma variável de relação importante para a medição de custos produtivos, principalmente em relação à utilização de recursos. Metodologias de medição da satisfação dos clientes também tomaram grande proporção e relevância.

A necessidade de melhorar a eficiência das cadeias de suprimentos tem impulsionado o desenvolvimento de Sistemas de Medição de Desempenho (SMD) nessa área,

principalmente com o advento da terceirização e a complexidade do fluxo de materiais dentro de organizações com redes mundiais. A tendência atual e futura está no desenvolvimento, aplicação e operacionalização de SMD focado nas cadeias produtivas, serviços e na influência de fatores humanos (Bititci, Garengo, Dörfler, & Nudurupati, 2012; Kaplan & Norton, 2001).

2.5.2 Implementação de modelos de medição de desempenho

Um Sistema de Medição de Desempenho (SMD) é uma parte vital do sistema de gestão da empresa. Implementar um SMD estimula mudanças gerenciais e promove a aprendizagem organizacional ao adquirir, armazenar, analisar, interpretar, distribuir dados e conhecer a performance dos diversos sistemas (Bititci et al., 2012; Bourne et al., 2003; Braz et al., 2011).

O aumento na complexidade não é a única razão para a desatualização dos SMD; alterações de estratégia também podem contribuir para a incapacidade do SMD para apoio à decisão (Braz et al., 2011; Kennerley & Neely, 2002; Nudurupati et al., 2011). Os modelos de SMD buscam apresentar o diagnóstico do problema avaliado, mas carecem de um processo de aperfeiçoamento sistemático. O processo de revisão tem como objetivo atualizar constantemente o SMD em adequação às estratégias e objetivos, considerando as metas, características próprias dos processos produtivos e a satisfação dos clientes (Bititci et al., 2012; Bourne et al., 2003; Kennerley & Neely, 2002; Lohman, Fortuin, & Wouters, 2004; Nudurupati et al., 2011).

O número de medidas deve ser controlado, considerando a real necessidade das informações geradas e os recursos destinados a essa estrutura, sabendo-se dos custos inerentes. Em contrapartida, a falta de medidas de desempenho irá apresentar uma visão insuficiente, incapaz de atingir os objetivos e fornecer as informações necessárias, facilitando a execução e reduzindo os custos, mas sem necessariamente contribuir para a competitividade da organização nos seus processos de decisão (Braz et al., 2011; Kaplan & Norton, 2001).

O ideal é que as medidas de desempenho sejam quantitativas, objetivando valores específicos. Contudo, em alguns casos, a satisfação dos clientes é melhor representada por critérios qualitativos, normalmente materializados por padrões visuais ou funcionais.

Qualquer medida de desempenho deve ser completamente identificável pelos agentes envolvidos, com menor subjetividade possível, tanto nas leituras como nas marcações, desde o instrumento de medição até a tabulação e tratamento dos dados. Os custos com a utilização de recursos envolvidos no SMD devem ser detalhadamente mapeados e medidos, considerando a recolha, tratamento e análise dos dados, conforme o planeamento que definiu os objetivos da medição, frequência, fontes de armazenamento, mecanismos de tratamento e formatação de relatórios (Bourne et al., 2003; Braz et al., 2011). Considera nessa análise a existência de cinco funções: medição de desempenho; gestão da estratégia; comunicação; influência nos comportamentos; e melhoria na aprendizagem. As funções podem ser agrupadas em cinco etapas: seleção de medidas; recolha e manipulação de dados; gestão da informação; avaliação de desempenho e recompensas; e sistema de revisão. A implementação de um SMD requer o desenvolvimento de um planeamento, onde os procedimentos de execução das tarefas, treinamento e capacitação do pessoal envolvido e os respectivos recursos devem ser contemplados, considerando sempre seus custos inerentes, tanto de implementação, como de manutenção e revisão (Bititci et al., 2012; Bourne et al., 2003; Braz et al., 2011; Ukko, Tenhunen, & Rantanen, 2007).

Um SMD deve estar em frequente evolução, sendo atualizado e melhorado continuamente, acompanhando as mudanças internas e externas da organização, pois auxilia os gestores nas tomada de decisão quanto a tendências, eficiência e eficácias dos processos e outras ações implementadas (Bourne et al., 2003; Braz et al., 2011; Lohman et al., 2004; Nudurupati et al., 2011). É comum querer-se introduzir novas medidas, mas deve-se avaliar sua real necessidade e os custos. Existe também grande resistência em eliminar outras medidas obsoletas, quando as pessoas estão executando as medições já há algum tempo (Kennerley & Neely, 2002).

2.5.3 Avaliação de desempenho

Avaliação de Desempenho é um processo para analisar sistemas complexos que envolvem múltiplos critérios de decisão e fatores subjetivos e objetivos a serem considerados no processo decisório e tem o intuito de fornecer aos gestores uma base racional para tomada de decisão (Mohamadabadi et al., 2009).

Considera-se que o contexto da Avaliação de Desempenho é único e particular de cada realidade, utilizado para analisar, identificar pontos fortes e fracos para melhorar continuamente os processos (Abernethy, Horne, Lillis, Malina, & Selto, 2005; Balasubramanian & Gupta, 2005; Buytendijk, Hatch, & Micheli, 2010; Chin, Lo, & Leung, 2010).

Medir e avaliar o desempenho serve para construir um conhecimento do contexto que permita tomar decisões, com compreensão de suas consequências, comparando-as com os objetivos e metas definidos inicialmente na estratégia da empresa (Chen, Huang, & Cheng, 2009; Folan & Browne, 2005; Lohman et al., 2004; Nudurupati et al., 2011).

Dessa forma, os modelos são construídos para auxiliar os decisores a gerar conhecimento (aprender) sobre o seu problema e tomarem decisões acertadas (Buytendijk et al., 2010; Chen et al., 2009). O sucesso real na construção do conhecimento organizacional encontra-se no comportamento das pessoas em usar as informações disponíveis para auxiliar nos processos de decisão (Nudurupati et al., 2011).

A construção de modelos de Avaliação de Desempenho requer que o decisor ou especialista conheça a realidade de aplicação e entenda os aspectos relevantes de influência no desempenho de um determinado sistema ou processo. Esse processo permite identificar, organizar, mensurar, integrar e gerir os elementos (critérios) num contexto único, sendo necessário uma metodologia de construção do conhecimento para que os decisores formulem alternativas de solução, que contenham planos de implementação com objetivos e metas (Chin et al., 2010; Mitchell & Boyle, 2010).

A Avalição de Desempenho deve, a partir de um planeamento, conduzir a um futuro desejado, através do gestão das informações, considerando a quantidade e qualidade, bem como o ciclo de feedback dessas informações no processo de gestão (Buytendijk et al., 2010; Chen et al., 2009).

As principais dificuldades na implementação, manutenção e funcionamento eficiente de um SMD são: compromisso dos gestores com o SMD a ponto de mudar a forma como gerem; resistência do pessoal envolvido; falta de padronização na recolha de informação de diferentes fontes; grande dispêndio de tempo e recursos na recolha de informações; armazenamento de dados em vários formatos, colaborando para perda e desatualização;

dúvidas sobre a confiabilidade dos dados; recolha, armazenamento e tratamento de informações irrelevantes para os objetivos e metas da empresa; grande número de medidas ou informações qualitativas, sem inter-relação, criando grande dificuldade na análise; e outras prioridades e acumulação de atividades do pessoal envolvido (Bititci et al., 2012; Davenport, Harris, & Morison, 2010; McNurlin & Sprague, 2002; Nudurupati et al., 2011; Prahalad & Krishnan, 2002; Stede, Wim, Chow, & Lin, 2006).

2.5.4 Conclusões e considerações

Os custos da qualidade são indicadores financeiros, mas para serem determinados é necessário utilizar indicadores não financeiros relativos às unidades defeituosas, à produtividade, aos tempos de inspeção, tempos de retrabalho e reposição, atrasos na entrega, uso extra de recursos, indisponibilidade de recursos, etc.

Chiarini (2017), conclui em seu estudo que o processo de tratamento das não-conformidades pelo modelo da ISO série 9000 apresenta limitações na relação, medição e redução dos custos da qualidade, principalmente com falhas, sendo inadequada e ineficiente para avaliar o desempenho. Dessa forma, estratégias mais abrangentes devem ser propostas, considerando a relação da qualidade com os custos na utilização de recursos e investimentos que realmente proporcione maior valor agregado ao cliente com um custo razoável, comparando-se ao preço de mercado e aos custos totais do produto ou serviço, preservando a margem de lucro. Indicadores de desempenho globais que relacionem vários critérios são sugeridos atualmente em substituição a vários indicadores dissociados e sem relação entre si (Chiarini, 2017).

A avaliação do desempenho financeiro incorpora a gestão dos custos na elaboração de relatórios que apoiem no processo decisório. O custo normalmente está vinculado a algum tipo de retorno de investimento, seja a curto, médio ou longo prazo.

A medição de desempenho não é suficiente para melhorar os resultados de um negócio. O sucesso encontra-se no comportamento das pessoas em usar a informação do desempenho disponível para auxiliar nos processos de decisão e construção do conhecimento organizacional (Nudurupati et al., 2011; Prahalad & Krishnan, 2002).

A revisão de literatura realizada permitiu identificar a seguinte oportunidade de estudo:

- A formulação de indicadores de avaliação de desempenho, relacionados a custos da qualidade, que identifiquem oportunidades de melhoria ou pontos de perda.

2.6 Sistema de custeio

A identificação, classificação e avaliação dos custos é um processo de gestão chamado sistema de custeio, existindo várias abordagens. Apesar do esforço de implementação, o Sistema de Custeio Baseado em Atividades (ABC) é um dos mais utilizados nas atividades industriais diretamente ligadas ao processamento e transformação, pois consegue apresentar uma abordagem que permite conciliar programas de melhoria contínua através da identificação de perdas. No custeio direto, as atividades são avaliadas detalhadamente e atribuídas a produtos e serviços que os compõe, de forma variável ao longo de um período de acordo com consumo, taxa de utilização dos recursos em função do tempo e volume de produção. Nessa abordagem busca-se reduzir os custos indiretos de atividades que não agregam valor ao produto ou mesmo transformá-las em diretas, direcionando-as às atividades e as atividades aos produtos. O objetivo é identificar os pontos de variação e perda. Em alguns casos as atividades são genéricas e atribuídas a famílias de produtos. Então cabe usar uma abordagem de absorção através de rateios. Normalmente esses custos são fixos e sofrem pouca variação nos períodos de medição.

A definição de Custo Meta, a partir do preço praticado no mercado pela concorrência, é uma estratégia interessante de controle dos custos e avaliação do desempenho financeiro, que permite aos gestores identificar perdas de lucro, medir e avaliar o desempenho do sistema e a eficácia de ações de melhoria. Alguns custos são de difícil mensuração, permanecendo ocultos, não revelados pelas demonstrações contáveis, pois não representam desembolso de caixa direto. Por vezes estimados, mas que devem ser objeto de estudo para planeamento e apoio à tomada de decisão na redução dos custos (Bharara & Lee, 1996; Moisello, 2012; Velmurugan & Senthil, 2010; Wnuk-pel, 2010).

Contextualizados os estudos de custos da qualidade e processo decisório, aborda-se a implementação e interação do custeio baseado em atividades, com os custos da qualidade, considerando pressupostos teóricos e práticos. Os subitens que o compõe são: Custeio Baseado em Atividades; Implementação de um Custeio Baseado em Atividades;

Direcionadores de Custeio Baseado em Atividades; Alocação do Custeio Baseado em Atividades; Variação e rateio na medição de Custos; Vantagens e desvantagens da implementação do Custeio Baseado em Atividades; Interação entre o Custeio Baseado em Atividades e os Custos da Qualidade; Conclusões e considerações.

2.6.1 Custeio Baseado em Atividades

O Custeio Baseado em Atividades (ABC) é uma metodologia de medição de custos que envolve três dimensões: Recursos, Atividades e Objetos. Essa medição tem como objetivo a composição dos custos unitários dos produtos a partir da análise de consumo dos recursos na execução das atividades, considerando os direcionadores de custos que são a forma ou unidade de consumo dos recursos e atividades (Cooper & Kaplan, 1988b, 1988a, 1999; Lopez, Fortuny-Santos, & Cuatrecasas-Arbós, 2013; Omar & Murgan, 2014; Tatsiopoulos & Panayiotou, 2000).

São dois os estágios de apropriação dos custos: Custeio das Atividades ou Processos e Custeio de Objetos ou Produtos e Serviços. Essa relação de consumo de recursos nas atividades diretas da produção de produtos e serviços parece óbvia, mas complica-se à medida que as atividades de apoio, chamadas indiretas, como recursos humanos, logística, vendas, engenharia, marketing, etc., se distanciam da atividade fim de uma empresa, principalmente na presença de um *mix* variado e uma infinidade de atividades de apoio, como são as grandes cadeias de produção em série que chegam a ter de 50 a 60% dos custos como indiretos (Gunasekaran & Sarhadi, 1998; Lopez et al., 2013; Novin, 1992; Salem & Mazhar, 2014). Por esse motivo, o ABC é mais do que um Sistema de Custeio, tornando-se uma ponderosa ferramenta de gestão de negócios, na identificação de perdas e oportunidades de melhoria, possibilitando inclusive a implementação de um Sistema de Medição de Desempenho Global, focado em custo, com indicadores de lucro, custo-alvo e formação de preço detalhado, além de proporcionar uma análise de eficiência na utilização dos recursos e na execução das atividades. Reduz as distorções arbitrárias dos rateios dos custos indiretos, realizados pelos sistemas tradicionais de contabilidade, forçando os gestores de todas as áreas a otimizarem seus processos, buscando identificar perdas e implementar ações de melhoria (Krumwiede & Charles, 2014; O'Guin, 1991; Tatsiopoulos & Panayiotou, 2000).

Com o ABC, as atividades podem ser classificadas dentro de categorias específicas e setoriais como no caso da qualidade, proporcionando uma estrutura adequada para implementação de modelos de custos da qualidade (Cooper & Kaplan, 1988b).

A Figura 5 apresenta um esquema que representa a metodologia para o custeio das atividades e objetos pelo Sistema ABC, no qual os direcionadores de custo são responsáveis por medir o nível de consumo dos recursos (custeio das atividades) e consumo das atividades (custeio dos objetos).

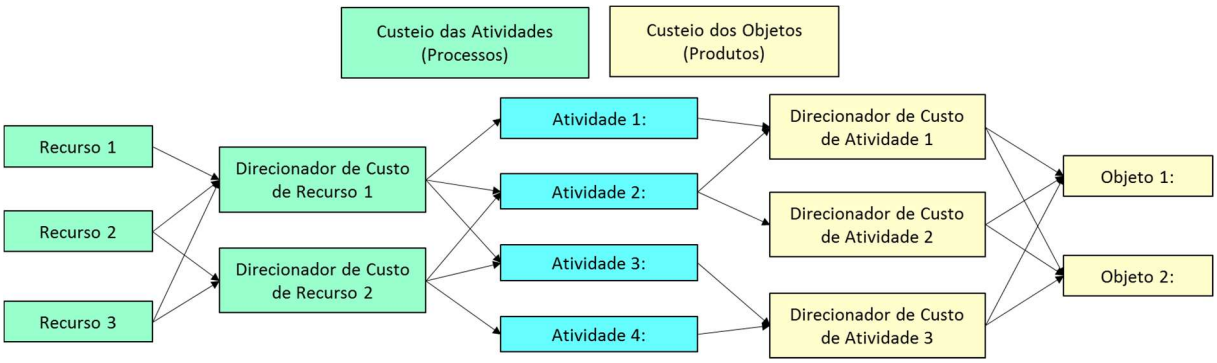


Figura 5 - Esquema representativo do fluxo de informações no custeio das atividades e dos objetos no Sistema ABC

A Tabela 7 complementa o esquema representado na Figura 5, exemplificando recursos, atividades, objetos e direcionadores de custos.

Tabela 7 – Exemplo de composição do custo unitário de um produto utilizando o Sistema ABC

CUSTEIO DAS ATIVIDADES			**CUSTEIO DOS OBJETOS**	
RECURSOS	**DIRECIONADOR DE CUSTO DE RECURSO**	**ATIVIDADES (Processo)**	**DIRECIONADOR DE CUSTO DE ATIVIDADE**	**OBJETOS**
Mão-de-Obra	Custo por tempo de utilização ou por quantidade de ciclos	Fundição	Custo por tempo de processo ou da quantidade de ciclos	Custo unitário do Produto 1 conforme requisitos do cliente
Máquinas e equipamentos		Usinagem		
Matéria-prima		Montagem		
Componentes		Qualidade		
Instrumentos		Manutenção		
Ferramentas		Logística		
Dispositivos		Engenharia		
Energia elétrica		Administração		

Os sistemas tradicionais de custeio e contabilidade concentram-se em atividades de custos diretos, normalmente aglutinando e rateando os custos indiretos, dificultando a análise e contribuindo para que perdas e desperdícios permaneçam ocultos, concentrando esforços na redução de custos com atividades diretas (Gunasekaran & Sarhadi, 1998; Lopez et al., 2013; Novin, 1992). Nesse aspecto, o ABC apresenta-se como uma proposta de solução, pela acurácia das informações de composição dos custos, auxiliando na tomada de decisão estratégica (Krumwiede & Charles, 2014; O'Guin, 1991; Tatsiopoulos & Panayiotou, 2000).

O que torna o ABC realmente eficaz na gestão e controle de custos é um rigoroso mapeamento dos processos e a eficiência na utilização dos recursos, que requer o olhar de especialistas qualificados e experientes (Kaplan et al., 1992; Krumwiede & Charles, 2014; Tatsiopoulos & Panayiotou, 2000).

O nível adequado de detalhamento das informações dos processos é uma estratégia da empresa e impacta diretamente nos custos de implementação, podendo tornar-se uma desvantagem (Zhang, Hoque, & Isa, 2015).

O mapeamento dos processos proporcionará identificar os recursos empregados, os tempos de utilização, quantidades de recursos e atividades para cada tipo e unidade de produto (Cooper & Kaplan, 1988a; Lopez et al., 2013; Omar & Murgan, 2014).

A contabilização dos custos acontece através dos direcionadores de custos que são uma forma de identificação da atividade e medição da utilização dos recursos. Os direcionadores de custos devem ser cuidadosamente definidos, com base nas especificidades do negócio, necessidades e estratégias de gestão de cada empresa (Brimson, 1991; Cooper & Kaplan, 1988a).

O ABC permite identificar atividades que não agregam valor aos clientes internos e externos, tendo estas grande potencial de redução de custos através de simplificação de processos, alteração de produtos, consumíveis, componentes e matéria-prima, considerando os aspectos técnicos da engenharia para manter ou melhorar os níveis de qualidade e o indispensável ao funcionamento da estrutura (Brimson, 1991; Cooper & Kaplan, 1991; Krumwiede & Charles, 2014; Novin, 1992; Tatsiopoulos & Panayiotou, 2000).

O ABC deve operar integrado com outras ferramentas de gestão de melhorias, qualidade, processos, principalmente prestando suporte de informações (Brimson, 1991; O'Guin, 1991).

2.6.2 Implementação de um Custeio Baseado em Atividades

Vários autores e trabalhos induzem que o ABC deve ser implementado com o objetivo de auxiliar outras metodologias de melhoria para recolha de informação de custos, pois a grande maioria das metodologias e ferramentas ligadas à qualidade foca-se em tipos específicos de perdas, mas sem relacioná-las com uma base de custo (Lopez et al., 2013).

Segundo Zhang et al. (2015), uma estrutura formal e organizada afeta positivamente a implementação do ABC.

Askarany, Yazdifar, e Askary (2010) mencionam que a implementação do ABC tem maiores vantagens em sistemas de manufatura, justificado pela complexidade das estruturas de custos e pela integração com outras ferramentas e metodologias de gestão.

Gunasekaran e Sarhadi (1998) apresentam algumas justificativas das empresas para implementação do ABC: erros de cálculo de custo; performance da produtividade; unificação dos negócios; informações de custos duplicadas; redução de custos; maximização da utilização dos recursos; falta de motivação e incentivo aos parceiros. O autor também apresenta algumas lições aprendidas na implementação do ABC: é importante treinar o pessoal envolvido; são necessários sistemas de informação computadorizados para tratamento e manuseio dos dados; a implementação deve ser gradual; deve haver comprometimento da alta gestão; auxílio de consultoria externa é importante; uso de indicadores de desempenho não financeiros ajuda a criar um ambiente organizacional comprometido com a realidade e responsável no esforço de melhoria, mesmo que tenha forte relação com custos (Gunasekaran & Sarhadi, 1998).

Uma estratégia de medição de desempenho abrangente às diversas áreas da empresa é conveniente na implementação de um Sistema de Custeio Baseado em Atividades (ABC). Caso contrário qualquer iniciativa de mapeamento e medição de custos perderá sentido, ou seja, devem ser estabelecidos objetivos claros e precisos para os níveis táticos e operacionais, devendo ser controlados e comparados (Kaplan et al., 1992; Krumwiede & Charles, 2014; O'Guin, 1991; Tatsiopoulos & Panayiotou, 2000).

O ABC não é um fim por si só. A metodologia é um meio de se conhecer como os recursos da empresa estão sendo utilizados e consumidos. Por isso, a metodologia deve ser parte de uma estratégia maior que integre as várias áreas da empresa na gestão dos processos e

atividades, como a contabilidade no plano de contas e controle de custos, vendas e marketing na política de preço, a engenharia no desenvolvimento dos produtos e planeamento dos processos, a gestão da qualidade e da produção na alocação dos recursos e definição de perdas e custo alvo. Enfim, cada setor ou centro de atividade deve ser envolvido para planear e adequar suas atividades no fornecimento de informações de como estão utilizando os recursos, justificando a necessidade de seus custos, identificando perdas, propondo e implementando ações de redução de custos em atividades diretas e indiretas, principalmente aquelas que não agregam valor ao cliente (Askarany et al., 2010; Cooper & Kaplan, 1988b; Gunasekaran & Sarhadi, 1998; Krumwiede & Charles, 2014; Tatsiopoulos & Panayiotou, 2000). Dessa forma, a alta administração terá informações precisas da composição dos custos dos produtos, causa e localização de perdas por período, pontos e níveis de rentabilidade, alocação e retorno de investimentos, que subsidie com maior segurança a tomada de decisão de curto, médio e longo prazo. Por vezes essa implementação requer uma grande mobilização na adequação da estrutura física e organizacional da empresa, para permitir a medição de consumo dos recursos por cada atividade. É comum a constituição de centros de custos individualizados por atividade, com planos de conta e direcionadores de custos específicos, funcionando como pequenas unidades de negócio que compõe uma empresa. Isso proporciona um maior controle e simplificação da gestão dos custos por atividade, já que o ABC pode tornar-se uma metodologia extremamente complexa e dispendiosa, para grandes estruturas de cadeias produtivas (O'Guin, 1991; Zhang et al., 2015).

O mapeamento das atividades é uma etapa fundamental da implementação para que a gestão identifique como os recursos estão sendo consumidos na prática. O ideal é que seja realizado por um especialista setorial experiente, ou assistente orientado, que a partir de questionário e/ou entrevista, obtenha as informações da forma mais consistente e elaborada, registrando os fluxos de processos, recursos empregados e consumidos, tempos e quantidades de utilização, mesmo em atividades indiretas como recursos humanos, vendas, marketing e engenharia. Para elaboração de questionários ou *check list* de recolha de informações de custos, devem-se consolidar as questões, envolvendo além dos especialistas de processo, os gestores setoriais das atividades, os setores financeiros e de contabilidade, com o objetivo de identificar previamente os direcionadores de custos,

conhecidos como unidades de medida de consumo dos recursos para cada atividade (Cooper & Kaplan, 1988b, 1991; Lopez et al., 2013; O'Guin, 1991; Omar & Murgan, 2014).

A definição dos direcionadores é específica de cada atividade e estratégia do negócio, mas tem como objetivo principal eliminar os rateios arbitrários e imputar o consumo dos recursos às atividades e as atividades aos produtos, de forma unitária e detalhada, sem desconsiderar a adequação a um plano de contas contábil (Gunasekaran & Sarhadi, 1998; Gunasekaran, Williams, & McGaughey, 2005; Lopez et al., 2013).

Apesar do ABC ser uma metodologia totalmente adequada e familiarizada com a contabilidade formal e tradicional, não existe a obrigatoriedade de uma relação exata com o plano de contas da empresa, podendo a empresa implementá-la somente para uma gestão interna e específica. Contudo, para grandes corporações, é provável não haver grandes benefícios nessa desvinculação devido ao descrédito das informações e comprometimento na manutenção e continuidade da medição e controle dos custos (Kaplan et al., 1992; Tatsiopoulos & Panayiotou, 2000; Zhang et al., 2015).

O custo de implementação do ABC pode ser relativamente elevado ao considerarmos o esforço, tempo e investimento necessário para o planeamento e desenvolvimento das ações de recolha de informações, adequação da estrutura física e organizacional, implementação de medição, e, controle e avaliação do desempenho de custos. O nível de detalhamento do sistema deve ser definido com base na estratégia do negócio, objetivos e metas da empresa, para que os custos sejam razoáveis e os benefícios compatíveis, na medida que fornece os dados necessárias para a medição e avaliação do desempenho de custos e eficiência operacional das atividades (Krumwiede & Charles, 2014; O'Guin, 1991; Tatsiopoulos & Panayiotou, 2000).

2.6.3 Direcionadores de Custeio Baseado em Atividades

Os direcionadores de custos devem ser selecionados e implementados na medição do consumo dos recursos e atividades, considerando os seguintes critérios: minimização das distorções dos rateios; quantificação; dados disponíveis e confiáveis; custo de obtenção razoável; possibilidade de medição e controle; relacionar o consumo de recursos e atividades a produtos e serviços; decompor-se proporcionalmente para o caso de rateios;

poder funcionar como indicador, induzindo melhoria contínua e redução de custo; permitir revisão e mudança no método e unidade de medição; acompanha a variação de volume; abrange a diversidade de produtos da empresa; correlaciona comparativamente o consumo de cada produto; impacto positivo nas atitudes do pessoal envolvido na atividade (Brimson, 1991).

Os direcionadores têm dois estágios: o primeiro é denominado direcionador de recursos, que indica através da quantidade e unidade do recurso, o nível do seu consumo pelas atividades ou processos, como por exemplo o número de funcionários na atividade, quilowatts usados de energia, quantidade, volume, peso, comprimento, tempos ou quantidade de utilização de máquinas e equipamentos; no segundo estágio, os direcionadores de atividades indicam o grau ou proporção das atividades que incidem sobre os produtos, ou seja, o consumo de atividades ou processos pelos produtos, também chamados objetos no ABC. Exemplos são atividades diretas de processamento como tempo ou quantidade de soldagem, usinagem, injeção plástica, montagem e outras atividades indiretas como inspeções, desenvolvimento de projetos, manutenção, administrativas, transporte, pedidos, etc. (Novin, 1992; O'Guin, 1991).

2.6.4 Alocação do Custeio Baseado em Atividades

A alocação de custos no ABC pode ser realizada de três formas ou em três etapas: Alocação direta ao produto ou objeto, alocação com base causal ou de atividade, e alocação baseada em volume ou sistema de rateio (Cooper & Kaplan, 1999).

Na primeira etapa devem-se identificar os custos dos recursos que podem ser imputados diretamente aos produtos, normalmente chamados de custos diretos, agregando valor palpável ao cliente, como é o caso da quantidade de matéria-prima consumida no processamento de unidade do produto, componentes adquiridos ao fornecedor, tempo de utilização da mão-de-obra na execução direta do processo, etc. A alocação direta depende da estratégia de composição dos custos, mediante uma análise das características do negócio (produto ou serviço) e dos direcionadores já definidos nessa etapa. Exemplo disso é que um mesmo recurso pode ter alocação direta em uma empresa e na outra ser por atividade, como o tempo de utilização de máquinas e equipamentos, que depende do nível

de complexidade na composição dos custos. Quando vários fatores de consumo contribuem para o custo, como desgaste de ferramentas de usinagem por quantidade de peças, energia elétrica consumida pelo equipamento por hora, depreciação de equipamento por peça e investimentos em tecnologia de produção, será melhor que os custos sejam direcionados às atividades antes da alocação aos produtos (Cooper & Kaplan, 1999; O'Guin, 1991).

Na segunda etapa devem-se identificar todos os custos dos recursos que não podem ser alocados diretamente aos produtos e imputá-los às suas respectivas atividades, através de direcionadores de custos. Todos os recursos da empresa devem ser direcionados a pelo menos uma atividade, baseado nos motivos pelos quais aquele custo existe, ou seja, deve-se perguntar: Qual o objetivo do custo com o recurso? Por que ele está na empresa? Estas perguntas chave ajudam a estabelecer uma relação de causa, auxiliando os gestores a identificar perdas, desperdícios e atividades que não agregam valor ao produto. Com base nessa vinculação, as atividades são imputadas aos produtos por relação de causa e considerando os direcionadores de custos de atividades que permitem a medição dos custos por unidades específicas de consumo pelos produtos (O'Guin, 1991).

Mesmo considerando uma forte análise de causa e de definição de direcionadores de custo, alguns custos permanecerão sem uma relação clara com algum produto. Normalmente pela complexidade da estrutura organizacional, ausência de direcionador de custo compatível, ausência de benefício no detalhamento, ou altos custos de medição e controle, tornando inviável sua utilização. Na terceira etapa, alocam-se os custos restantes através de um sistema de rateio que seja razoável e proporcional em relação a algum fator ou direcionador de custo, como volume de produção, percentual de participação da atividade ou recurso no produto ou serviço, etc. (Cooper & Kaplan, 1988a; Gunasekaran & Sarhadi, 1998; Lopez et al., 2013; Novin, 1992; O'Guin, 1991; Omar & Murgan, 2014).

O objetivo final do processo é obter o custo unitário por tipo de produto, com o maior grau de detalhamento possível dessa composição. O custo unitário ajuda na definição de vários objetivos e metas estratégicas como custo alvo, preço de venda, margem de lucro, investimentos em melhorias, concorrência, competitividade, descontinuidade nas operações e outras decisões (Cooper & Kaplan, 1988b; Krumwiede & Charles, 2014; Tatsiopoulos & Panayiotou, 2000).

2.6.5 Variação e rateio na medição de Custos

Para evitar erros no custeio das atividades de um *mix* variado de produtos, pode-se atribuir direcionadores de custos que utilizem recursos em função do tempo. Por exemplo, a atividade de inspeção da qualidade entre dois produtos diferentes, fabricados pela mesma empresa, que utiliza os mesmos recursos em tempos diferentes, ou no mesmo tempo, mas com recursos adicionais. Então, apesar da adoção de direcionador de custo de atividade ser baseado na quantidade de inspeções realizadas, deve-se ter direcionadores de recursos que considerem o tempo de utilização de cada recurso efetivamente empregado. Nesse caso, teremos duas atividades de inspeção com valores diferentes de custo, pois estes estão calculados com base nos tempos e recursos utilizados, apesar de direcionados aos produtos por quantidade.

Ao realizar cálculos de custeio de lotes com quantidades diferentes, numa diversidade de tipos de produtos que utilizam os mesmos recursos e atividades, deve-se considerar erros significativos na comparação de custos de produtos, se a intensidade da utilização das atividades não for adequadamente medida pelos direcionadores, mesmo utilizando ABC. Isso ocorre porque a diversidade de quantidade (tamanho de lote diferente), pode ratear os custos de forma proporcional ao volume, considerando o menor lote ou unitariamente dividindo em função da quantidade. Esse método mostra resultados de custos diferentes e influencia a fabricação de grandes lotes objetivando o rateio, podendo indicar que alguns produtos têm menores custos do que outros, mas na verdade só ocorre quando comparados em lotes de quantidades diferentes, devido aos rateios. O ideal é que as atividades, mesmo que de natureza comum, sejam consideradas diferentes no plano de contas, quando direcionadas para produtos diferentes, e a utilização dos recursos seja contabilizada em função do tempo por unidade, já na origem do processo ou atividade. Isso permite a identificação das taxas de utilização dos recursos, medição da eficiência dos recursos disponíveis na empresa e perdas por desperdícios e ociosidades.

2.6.6 Vantagens e desvantagens da implementação do Custeio Baseado em Atividades

A implementação de um Sistema de Custeio Baseado em Atividades (ABC) possui vantagens e desvantagens que devem ser analisadas pelas empresas antes da mobilização dos

esforços, considerando as características do negócio, estratégias, objetivos e metas. A análise deve ser crítica e aprofundada nos pontos de interesse, particulares a cada realidade e negócio, considerando os riscos e benefícios envolvidos. Com base nas considerações de vários autores referenciados, tanto de estudos de revisão da literatura como de casos de estudos de implementação, apresenta-se abaixo as principais as vantagens e pontos fortes da Metodologia ABC:

- ✓ Reduz sensivelmente as distorções provocadas pelo rateio arbitrário dos custos indiretos realizado pelos sistemas tradicionais de custeio.
- ✓ Produz informações mais acuradas sobre os custos para direcionar as decisões estratégicas.
- ✓ Proporciona a identificação de oportunidades de melhoria e meios mais adequados para a análise de investimentos.
- ✓ Permite identificar produtos não rentáveis.
- ✓ Proporciona resultados confiáveis, gerando informações valiosas para controle dos custos, servindo de base sólida para o processo de decisão gerencial.
- ✓ Cria uma base sólida de informações para os esforços de redução dos custos.
- ✓ Permite melhores medições de desempenho financeiro nas empresas.
- ✓ Torna visíveis e evidentes os custos das atividades que não agregam valor aos produtos.
- ✓ Beneficia-se dos padrões e procedimentos dos sistemas de gestão da qualidade já consolidados na empresa.
- ✓ Permite conhecer a composição detalhada dos custos dos produtos por atividade.
- ✓ Permite a implementação de um sistema de medição e avaliação de desempenho focado em custos.
- ✓ Identifica os custos unitários dos produtos.
- ✓ Auxilia na formação do preço e metas de lucro.
- ✓ Permite conhecer o lucro líquido real por produto e período.
- ✓ Identifica perdas e oportunidades de melhoria.

- ✓ Auxilia na decisão de investimentos.
- ✓ Permite estimar o custo de novos produtos.
- ✓ Permite estimar o custo de retrabalho.
- ✓ Permite conhecer o custo no descarte de subprodutos parcialmente processados e estabelecer pontos de inspeção eficientes no controle de perdas.
- ✓ Permite estimar os custos de oportunidade com indisponibilidade de recursos ou atividades, no caso de falhas e outras paragens de produção.
- ✓ Adapta-se à contabilidade de custos.
- ✓ Permite medir a eficácia dos programas de melhoria da qualidade através de indicadores de custos.
- ✓ Permite a implementação de um modelo de medição dos custos da qualidade.
- ✓ Permite definir um custo-alvo por unidade e tipo de produto.
- ✓ Auxilia a empresa na comparação com a concorrência a partir dos resultados de custos, lucro e preço.
- ✓ Permite integração com a estratégia e sistemas de informação para a manufatura.
- ✓ Auxilia na revisão e otimização de processos.
- ✓ Promove critérios para auxiliar nos processos decisórios.
- ✓ Imputa os custos indiretos de todas as atividades desenvolvidas na empresa aos produtos.
- ✓ Proporciona precisão na alocação de custos indiretos.
- ✓ Proporciona uma análise de eficiência da utilização dos recursos da empresa.
- ✓ Subsidia com dados acurados a implementação de um modelo de medição e avaliação dos custos da qualidade.
- ✓ Permite implementar indicadores de custos para a qualidade.
- ✓ Permite inserir os custos da qualidade no plano de contas contábil de forma sistemática e precisa.

Da mesma forma, apresenta-se abaixo as principais desvantagens, limitações, dificuldades e pontos fracos da Metodologia ABC:

- ✓ Dificuldade das empresas em definir o nível adequado de detalhamento dos custos nos processos e atividades.
- ✓ Deve ser utilizado integrado com outras ferramentas e metodologias para se beneficiar das informações.
- ✓ Dificuldade na definição dos direcionadores de custos mais adequados e eficientes na medição dos custos.
- ✓ Exige conhecimento técnico e experiência para o mapeamento das atividades na empresa, devendo ser realizado diretamente no processo.
- ✓ Dificuldade no mapeamento de atividades indiretas não sistemáticas e não orientadas pelo tempo.
- ✓ Necessidade de entrevistas e preenchimento de questionários no levantamento de informações.
- ✓ Necessidade do envolvimento de pessoal de várias áreas na estruturação e levantamento de informações.
- ✓ Requer revisão e aperfeiçoamento constante da estrutura de custos, tanto para corrigir o estado atual, como para acompanhar as mudanças e melhorias nos processos.
- ✓ Pode requerer custo elevado de estruturação, implementação e gestão.
- ✓ Dificuldade para estabelecer uma relação de causa entre as atividades indiretas de apoio e produtos.
- ✓ Dificuldade de definir uma relação proporcional justa de rateio das atividades indiretas aos produtos, ou mesmo dos recursos para as atividades.
- ✓ Possui uma estrutura relativamente complexa de cálculo de custos através de direcionadores.
- ✓ Exige mudança de cultural organizacional desde a estruturação do sistema de custeio até à medição de desempenho e dos programas de melhoria.

- ✓ A imputação de custos indiretos não planeados, sem uma relação de causa específica, pode fazer flutuar os custos unitários de um período para o outro.
- ✓ Sensível possibilidade de erros na recolha de informações de mapeamento de processos e atividades devido à falta de conhecimento e experiência do pessoal.
- ✓ Exige dados disponíveis, quantificáveis e confiáveis.

2.6.7 Interação entre o Custeio Baseado em Atividades e os Custos da Qualidade

A busca por identificar os custos da qualidade produz um ambiente propício à melhoria contínua e concentração de esforços na redução de desperdícios e custos, o que está alinhado com os objetivos de implementação do ABC. Dessa forma, a essência da melhoria contínua é a redução de custos. Se considerarmos um investimento para implementação de melhoria da qualidade, essa melhoria objetiva a redução de custo com algum problema interno ou reclamação de cliente e a longo prazo reduzirá custo com falhas (Hester, 1993; Juran & Godfrey, 1999; Ozcan, 2012; Sailaja et al., 2015).

A grande dificuldade na implementação dos modelos de custos da qualidade está no facto de se exigirem dados e informações de custeio das atividades de forma detalhada, o que os sistemas tradicionais de contabilidade e custeio são incapazes de fornecer (Omar & Murgan, 2014). O ABC é uma solução para a deficiência dos sistemas tradicionais, em fornecer informações acuradas e detalhadas de custos das atividades, que subsidie a implementação de modelos de custos da qualidade. Apesar de uma base teórica consolidada, a maioria dos modelos de custos da qualidade não esclarece métodos de medição dos custos que envolva toda a estrutura organizacional. Mesmo nos programas de melhoria contínua e redução de falhas é necessário um acompanhamento e análise dos custos das falhas na priorização de ações, na definição de investimentos em pontos de maior perda e comparação periódica de tendências (Cooper & Kaplan, 1999; Gunasekaran & Sarhadi, 1998; Lopez et al., 2013; Omar & Murgan, 2014).

O Esquema da Figura 6 apresenta uma proposta de integração das atividades de custos da qualidade do Modelo PAF com a Metodologia ABC, no qual as atividades relacionadas com a qualidade são classificadas dentro das categorias do Modelo PAF (Atividades de Prevenção, Avaliação, Falhas Internas e Externas) para composição do Custeio dos Objetos (Produtos).

Os direcionadores de custo medem o nível de consumo dos recursos com atividades de prevenção, avaliação e falhas (custeio das atividades da qualidade) e o consumo das atividades de qualidade pelos produtos ou serviços (custeio dos objetos).

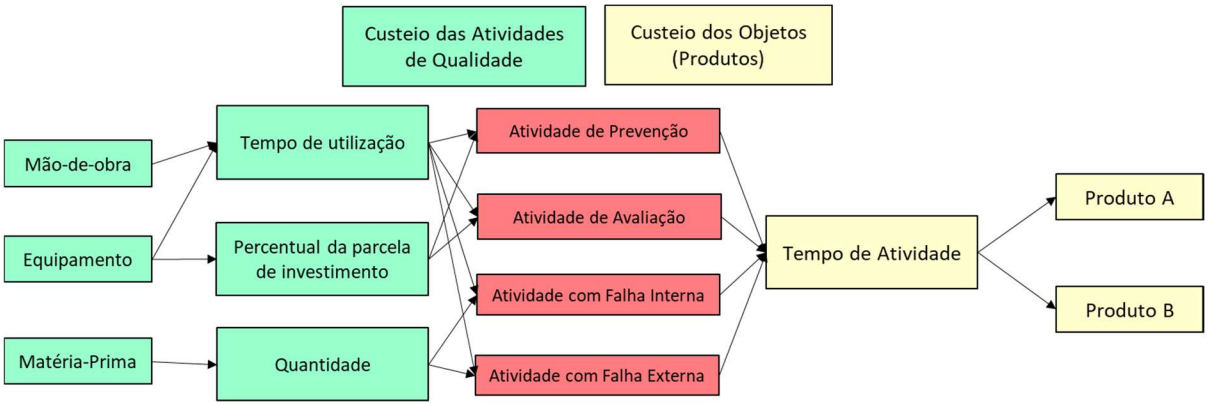


Figura 6 - Esquema representativo proposto para o fluxo de informações no custeio das atividades de qualidade (PAF) para o custeio dos objetos (Produtos) no Sistema ABC

Inicialmente deve-se classificar as atividades da qualidade em grandes grupos como sugere o Modelo PAF que define atividades de Prevenção, Avaliação e Falhas (Internas e Externas). O consumo de recursos para essas atividades (Custeio das Atividades) deve ser medido pelos direcionadores de custos como convém, tanto para uma melhor avaliação, como considerando o sistema de contabilidade no qual o ABC está inserido (O'Guin, 1991).

A Tabela 8 complementa o esquema representado na Figura 6, exemplificando recursos, atividades, objetos e direcionadores de custos da Qualidade.

Tabela 8 – Exemplo de composição do custo da qualidade por unidade e tipo produto utilizando o Sistema ABC

CUSTEIO DAS ATIVIDADES DE QUALIDADE			CUSTEIO DOS OBJETOS (PRODUTOS)	
RECURSOS	**DIRECIONADOR DE CUSTO DE RECURSO**	**ATIVIDADES**	**DIRECIONADOR DE CUSTO DE ATIVIDADE**	**OBJETOS**
Mão-de-Obra	Custo por tempo de utilização ou por quantidade de ciclos	Análise	Custo por tempo da atividade ou da quantidade de ciclos	Composição dos Custos Totais da Qualidade para unidade do Produto A
Máquinas e equipamentos		Inspeção		
Matéria-prima		Retrabalho		
Componentes		Descarte		
Instrumentos		Engenharia		
Ferramentas		Auditoria		
Dispositivos		Planeamento		
Energia elétrica		Treinamento		

Com a implementação de um Custeio Baseado em Atividades, os custos da qualidade podem ser facilmente medidos e avaliados como indicadores de processos internos e indicadores financeiros de desempenho da qualidade que impactam em lucro e competitividade (Hester, 1993; Kaplan et al., 1992; Kaplan & Norton, 2001).

O consumo de recursos pela atividade compõe o seu custo, que deve ser direcionado para cada tipo e unidade de produto, conforme o consumo dessas atividades (Custeio de Objetos). Dessa forma, tem-se os custos totais da qualidade pelo somatório destas categorias, sabendo-se que os investimentos em prevenção devem reduzir perdas com falhas e avaliações. Essa análise indica a necessidade de investimentos e direciona programas de melhoria da qualidade para prioridades, permitindo a avaliação da eficácia das ações implementadas. Permite ainda considerar custos de oportunidade no caso de falhas e avaliar a viabilidade de retrabalhos (Kaplan et al., 2014; Maddah & Jaber, 2008).

A implementação de modelos de custos da qualidade pode ocorrer após ou simultaneamente à implementação do ABC, considerando as mesmas dificuldades como: complexidade no mapeamento; classificação das atividades; definição dos direcionadores de custos; relações de causa e efeito de recursos, atividades e produtos; e a estruturação dos cálculos de custeio. A formulação de questionários e entrevistas deve agora ser consolidada por especialistas da área de qualidade. O objetivo é conhecer a composição dos custos por

unidade e tipo de produto, definindo-se os custos de prevenção, avaliação e falhas. Deve-se entender que cada empresa terá sua própria classificação das atividades, considerando a característica do negócio e as estratégias de gestão. Pode ocorrer que determinada atividade seja de prevenção numa empresa e noutra seja de avaliação, conforme o objetivo principal da atividade e sua relação de causa com o produto. A integração da Gestão dos Custos da Qualidade e o ABC requer aperfeiçoamento e revisão periódica (Hester, 1993; Salem & Mazhar, 2014; Wnuk-pel, 2010).

O alinhamento de medição desses sistemas de custeio proporciona uma base adequada para a implementação de um sistema de medição de desempenho focado em custos (Cooper & Kaplan, 1988b; Tatsiopoulos & Panayiotou, 2000).

Os sistemas de custeio devem ser sistemáticos e inseridos na estratégia de todas as áreas da empresa, devido a critérios de comparação, emissão de relatórios gerenciais, avaliação de desempenho, etc. (O'Guin, 1991; Tatsiopoulos & Panayiotou, 2000).

São esperados outros benefícios da combinação de um sistema de medição de desempenho focado em custo e o ABC, como o estabelecimento de custo-alvo unitário, aumento da margem de lucro com a redução de custos, planeamento e manutenção da formação do preço através da redução de custo, análise da viabilidade do negócio, comparação com a concorrência, entre outros (Kaplan et al., 1992; Krumwiede & Charles, 2014; Tatsiopoulos & Panayiotou, 2000).

Cada empresa deve estar ciente dos níveis de precisão e detalhamento na medição de seus custos e avaliar a necessidade de melhorar esses níveis, sabendo da incidência de custos, quanto maior o nível de complexidade e detalhamento. Verifica-se considerável diferença nos resultados de custos das diferentes formas de custeio para um mesmo produto (Krumwiede & Charles, 2014).

2.6.8 Conclusões e considerações

Brimson (1991) procura diferenciar direcionadores de custos e medidas de atividades. Apresenta uma abordagem teórica neste sentido e sugere uma implementação contábil na substituição do sistema tradicional pelo ABC. Nesse caso, de facto, a avaliação da eficiência das atividades fica prejudicada, pois, ao invés de considerar um direcionador de recurso em

função de tempo e reduzir as perdas de não utilização dos recursos, envolve a quantidade de recursos disponível para a atividade, a exemplo do que pode ocorrer com a mão-de-obra. Nesse caso, não há vantagem significativa na implementação do ABC, mas apenas melhora a forma de identificar e conhecer os custos. Nessa abordagem, mantém-se os mesmos erros dos sistemas tradicionais que propõem aumento de produtividade com ações custosas, como mudança de tecnologia ou mudança de projeto, desconsiderando as perdas atuais existentes. Mudança de projeto e tecnologia devem ocorrer em casos específicos ou após eliminadas perdas nos processos (Brimson, 1991).

O uso de direcionadores é o que causa a maior diferença entre o sistema tradicional de custos e o ABC. São os direcionadores que determinam a acurácia e a complexidade do sistema de custeio (O'Guin, 1991).

O julgamento de engenheiros e pessoal experiente, familiarizados com os processos técnicos, pode ser a forma prática para definir grupos de custos e direcionadores de custos. A implementação requer uma intensa análise do processo de produção e dos padrões de comportamento de custos por especialistas. A utilização de métodos de decisão multicritério e técnicas estatísticas pode auxiliar nas definições dos direcionadores de custos.

O custeio baseado em atividades é uma tentativa de determinar o custo completo de um objeto de custos e, como tal, ele sofre de uma deficiência comum a todas as estimativas de custeio completo: nem todos os recursos consumidos por um objeto de custos são evitáveis na ausência deste objeto, referindo-se a custos fixos. Dessa forma, os rateios são um mal necessário e inevitável.

Nem todas as atividades possuem um consumo linear e proporcional ao nível de produção, como ocorre com custos fixos e atividades indiretas. Novamente os rateios são um mal necessário. Contudo, isso não indica que seja desnecessária uma análise de valor da atividade, identificação de perdas na atividade e direcionadores de custos que promovam um rateio justificado por algum critério importante para a empresa, como percentual de consumo ou volume de produção, ou algum outro factor relacionado à atividade rateada.

Verifica-se provável integração do Sistema ABC com a implementação da gestão dos custos da qualidade com a categorização do Modelo PAF, permitindo análise de valor das

atividades da qualidade, análise dos custos de oportunidade perdida nas falhas, composição e detalhamento dos custos da qualidade, identificação de perdas e oportunidades de melhoria.

Verificaram-se os motivos pelos quais as empresas planeiam a implementação do ABC, as lições aprendidas na implementação e as vantagens e desvantagens dessa implementação. Verificou-se a complexidade na definição dos direcionadores de custos e que os rateios não são eliminados totalmente, principalmente para atividades indiretas de grandes cadeias produtivas.

Constata-se a necessidade da utilização de sistemas de informação gerenciais no controle de dados do ABC. O ABC é um meio para auxiliar outros métodos e ferramentas de gestão na melhoria e eficiência dos processos, através da identificação de perdas e do fornecimento de informações acuradas de custos, para auxiliar a tomada de decisão quanto à política de preços e lucros, rentabilidade e descontinuidade de produtos, investimentos em melhorias, etc.

A revisão permitiu definir vários aspectos importantes acerca da teoria e de trabalhos de implementação do ABC, com integração na gestão dos custos da qualidade, proporcionando identificar limitações, desafios e oportunidades.

A implementação de um modelo de gestão dos custos da qualidade, considerando medição e avaliação de desempenho, sem um sistema de custeio detalhado e adaptado à contabilidade de custos, utilizará dados inconsistentes e distorcidos de custos, rateados arbitrariamente ou recolhidos aleatoriamente, proporcionando erros de leitura e avaliação, tornando-se logo desatualizados e obsoletos.

O ABC auxilia na melhoria do desempenho e tomada de decisão, principalmente quando implementado e controlado por um sistema de informação gerencial, pois o Sistema de Custeio Baseado em Atividades é uma metodologia para melhorar o nível das informações de custos, que numa base informatizada permite informações atualizadas e precisas, isentas dos erros operacionais. Por outro lado, caso inadequadamente arquitetada e alimentada, a base informatizada fica sem confiabilidade.

A revisão de literatura realizada permitiu identificar as seguintes oportunidades de estudo:

- O detalhamento na composição e formação dos custos unitários dos produtos a fim de identificar perdas e oportunidades de melhoria.
- O uso e o conhecimento de informações disponíveis nas empresas para promover aprendizagem sobre os custos da qualidade e das falhas.

3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Este capítulo apresenta a metodologia de investigação para o desenvolvimento da pesquisa e está organizado da seguinte forma:

3.1 Apresenta o processo de investigação predominantemente utilizado, relacionando os aspectos da teoria científica à pesquisa;

3.2 Apresenta o planeamento da investigação estabelecido para atingir os objetivos da pesquisa. Abrange entender a realidade em estudo comparando-a à teoria existente, desenvolver teoria e testar a teoria desenvolvida.

3.1 Processo de investigação

Na perspectiva ontológica da filosofia de investigação predomina o pragmatismo que busca resultados práticos. Na perspectiva epistemológica da filosofia de investigação predomina o positivismo onde o resultado final são generalizações a partir de dados fiáveis. A teoria existente foi usada para desenvolver perguntas e objetivos de investigação, a fim de recolher dados, para desenvolver teoria e em seguida testá-la. Quanto ao paradigma de investigação a filosofia é centrada na regulamentação e funcionalismo. A regulamentação visa explicar e melhorar processos ou fenómenos sem alterá-los radicalmente. O funcionalismo é uma abordagem orientada ao problema e preocupa-se em oferecer soluções práticas (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009; Sharp, Peters, & Howard, 2002).

Na abordagem de investigação combina-se dedução e indução. No início, utiliza: (i) uma abordagem dedutiva para desenvolver hipóteses; (ii) questionário para levantamento de dados; (iii) perguntas e objetivos de investigação para recolher e identificar as lacunas existentes na literatura. Num segundo momento, opta-se por uma abordagem indutiva ao recolher dados e desenvolver uma teoria como resultado da análise dos dados. Pelo fim, retorna-se a uma abordagem dedutiva no teste, avaliação e validação do modelo (Saunders et al., 2009; Sharp et al., 2002).

Na natureza da investigação combina-se um estudo exploratório, descritivo e explicativo. Exploratório na identificação das práticas das indústrias e pela busca de novas formulações

teóricas e práticas. Descritivo e explicativo no desenvolvimento e teste do Modelo de Decisão (Saunders et al., 2009; Sharp et al., 2002).

Na estratégia de investigação usa estudos de caso e investigação-ação focados em aspectos quantitativos e qualitativos. Os estudos de caso são utilizados para recolher dados quantitativos e qualitativos, e, testar a teoria formulada (Modelo). A investigação-ação usa os dados qualitativos e quantitativos para formular, avaliar e melhorar a teoria, sua aplicação e funcionamento (aplicação do Modelo) (Saunders et al., 2009; Sharp et al., 2002).

3.2 Planeamento de investigação

O planeamento estabelecido para atingir os objetivos será desenvolvido conforme se segue:

1) Caracterização das práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM através de estudos de casos múltiplos utilizando questionário para levantamento de dados. Busca-se o desenvolvimento de conhecimento detalhado e intensivo a fim de responder "porquê", "o quê" e "como" é a realidade através da análise das respostas dos questionários. Principais etapas:

   - ❖ Elaboração de Questionário de Pesquisa.
   - ❖ Aplicação de Questionário de Pesquisa.
   - ❖ Análise dos dados recolhidos no Questionário de Pesquisa.

Quanto à caracterização das práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM, pretende-se obter informações qualitativas e quantitativas de uma população relativamente grande de indústrias de produção em massa, num curto período de tempo, diretamente com os gestores dos processos e sem custos.

2) Desenvolvimento de um Modelo de Decisão que explora a teoria existente, buscando novas formulações. Principais etapas:

   - ❖ Definição dos pressupostos e efeitos relativos ao Modelo.
   - ❖ Definição do Fluxo da Análise de Decisão.
   - ❖ Definição dos Critérios de Decisão.
   - ❖ Desenvolvimento da Árvore de Decisão do Modelo.

2.1) Quanto ao desenvolvimento do Modelo de Decisão pretende-se:

2.1.1) Formular e construir um método próprio a partir da teoria e realidade existente.

- Minimizar os custos da qualidade com falha através da gestão e decisão de destinação de itens defeituosos.
- Identificar e definir as várias etapas, decisões, factos e ações necessárias à gestão e destinação de itens defeituosos.
- Sistematizar a identificação e contabilização dos efeitos e custos associados a itens defeituosos.
- Identificar e definir critérios e alternativas para gestão e decisão da destinação de itens defeituosos.
- Desenvolver um modelo de decisão com problema definido, objetivos, critérios qualitativos e quantitativos e hierarquia sequencial. Incluir subjetividade e racionalidade de equipes multifuncionais que compartilham conhecimento e responsabilidades na atribuição de valor de critérios e alternativas. Incluir forma de comparação entre alternativas. Permitir incerteza (variação de dados), simulação e análise de sensibilidade.
- Simplificar e generalizar os *inputs, outputs* e formulações do modelo a fim de atender diferentes aplicações e realidades, compreendendo às limitações de situações específicas.
- Desenvolvimento de uma árvore de decisão representativa do modelo.

2.1.2) Promover conhecimento e aprendizagem na organização sobre seu desempenho nos custos da qualidade.

- Verificar que a gestão e decisão de destinação de itens defeituosos depende do conhecimento sobre o defeito.
- Relacionar a composição e formação dos custos unitários dos produtos com os critérios de custos da qualidade na gestão e destinação de itens defeituosos.

- Motivar a implementação de sistemas de custeio mais detalhados, que promovam a identificação de oportunidades de melhoria, e de perdas que não agregam valor aos produtos.
- Identificar e contabilizar os tempos e prazos e as respectivas consequências financeiras, como critérios de decisão na gestão e decisão de destinação de itens defeituosos.
- Identificar, contabilizar, comparar e usar como critério de decisão o custo de oportunidade perdida na qualidade.
- Identificar, contabilizar, comparar e usar como critério de decisão, o custo promovido pela indisponibilidade de recursos na gestão e decisão de destinação de itens defeituosos.
- Estabelecer critério facultativo para cada opção de decisão que expresse aspectos específicos da realidade, política ou filosofia da empresa.

3) Teste do modelo e comparação dos resultados através de investigação-ação. Busca-se testar a nova teoria com planeamento, ação e avaliação. Serão utilizados dados secundários da própria empresa no teste do modelo. Principais etapas:
   - ❖ Recolha de dados do caso de decisão.
   - ❖ Ajustes necessários identificados ao Modelo.
   - ❖ Análise da decisão do caso de estudo.
   - ❖ Análise de variações hipotéticas através de simulação computacional.
   - ❖ Avaliação e validação do Modelo.

3.1) Quanto ao teste, avaliação e validação do Modelo de Decisão pretende-se:

3.1.1) Testar e apresentar os resultados da aplicação de um método estruturado de gestão e decisão de destinação de itens defeituosos.

- Recolher informações e dados para *input* no Modelo de Decisão diretamente com os responsáveis ou gestores dos processos.
- Mostrar a dificuldade em identificar a composição dos custos com falhas nas grandes indústrias de produção em massa.

- Identificar e propor melhorias na prática e no modelo de decisão.

3.1.2) Auxiliar na gestão e decisão de destinação de itens defeituosos, utilizando modelos de decisão multicritério com critérios de custo e qualidade.

- Identificar critérios de custos que indiquem oportunidades de melhoria da qualidade.
- Verificar se o ponto de detecção do defeito na manufatura pode minimizar os custos da falha.
- Relacionar a gestão e destinação de itens defeituosos com perda de lucro através dos custos da qualidade com falhas.
- Verificar se o nível dos custos de oportunidade é significativo e impactante, podendo justificar e motivar investimentos em prevenção, avaliação e melhoria da qualidade.
- Verificar se o tipo e o nível dos custos de oportunidade perdida dependem da gestão e da decisão de destinação de itens defeituosos.
- Melhorar a eficiência e eficácia na gestão e destinação de itens defeituosos.
- Identificar pontos de melhoria do desempenho, através da identificação de perdas na qualidade.
- Utilizar simulação computacional para identificar que variáveis influenciam os resultados.

3.1.3) Tornar a decisão da destinação de itens defeituosos sistemática e simplificada, baseada nas informações disponíveis e na realidade prática.

- Usar medidas de custos disponíveis na empresa para alimentar o processo de tomada de decisão.
- Utilizar para processamento, análise e comparação das informações um *software* de apoio à decisão.
- Analisar a influência das variações nos valores dos Critérios.

4. ESTUDO DAS PRÁTICAS INDUSTRIAIS DE DESTINO DAS UNIDADES DEFEITUOSAS DO PIM

O Capítulo 4 apresenta o desenvolvimento, aplicação e tratamento de dados de um questionário de pesquisa que visa identificar as práticas das indústrias de produção em massa, em relação a destinação de produtos defeituosos. Assim, considera as limitações de estudo encontradas na revisão de literatura e os objetivos da pesquisa para formulação de um modelo de decisão que apoie com vantagens as práticas de destinação de itens defeituosos.

Este capítulo está organizado da seguinte forma:

4.1 Apresenta uma breve Introdução;

4.2 Apresenta a Elaboração do Questionário de Pesquisa com enquadramento das empresas inquiridas, elaboração de questões destinadas a identificar a realidade das práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM e a elaboração de questões destinadas a identificar a realidade, critérios e necessidade de um modelo de decisão para estas práticas de destinação com um total de 20 Questões;

4.3 Apresenta a aplicação do Questionário de Pesquisa com pré-teste e avaliação de compreensão do Questionário de Pesquisa; Definição de universo e seleção de amostra; Envio do Questionários de Pesquisa e recolha de respostas;

4.4 Apresenta a análise dos resultados do questionário com análise e definição de inconsistências nas respostas, análise dos dados recolhidos no Questionário de Pesquisa, análise dos resultados das respostas às questões destinadas a identificar a realidade das práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM, análise dos resultados das respostas às questões destinadas a identificar a realidade, critérios e necessidade de um modelo de decisão para estas práticas de destinação;

4.5 Apresenta conclusões e considerações ao capítulo.

4.1 Introdução

A partir de pressupostos teóricos e práticos da qualidade, o questionário de pesquisa elaborado estabelece o objetivo de cada questão e as respectivas relações com a literatura. Numa visão geral, inicialmente o questionário contextualiza a empresa, produto, processos e defeitos, e, depois enquadra a decisão tomada, buscando compreender os fatores que a influenciaram.

4.2 Elaboração do Questionário de Pesquisa

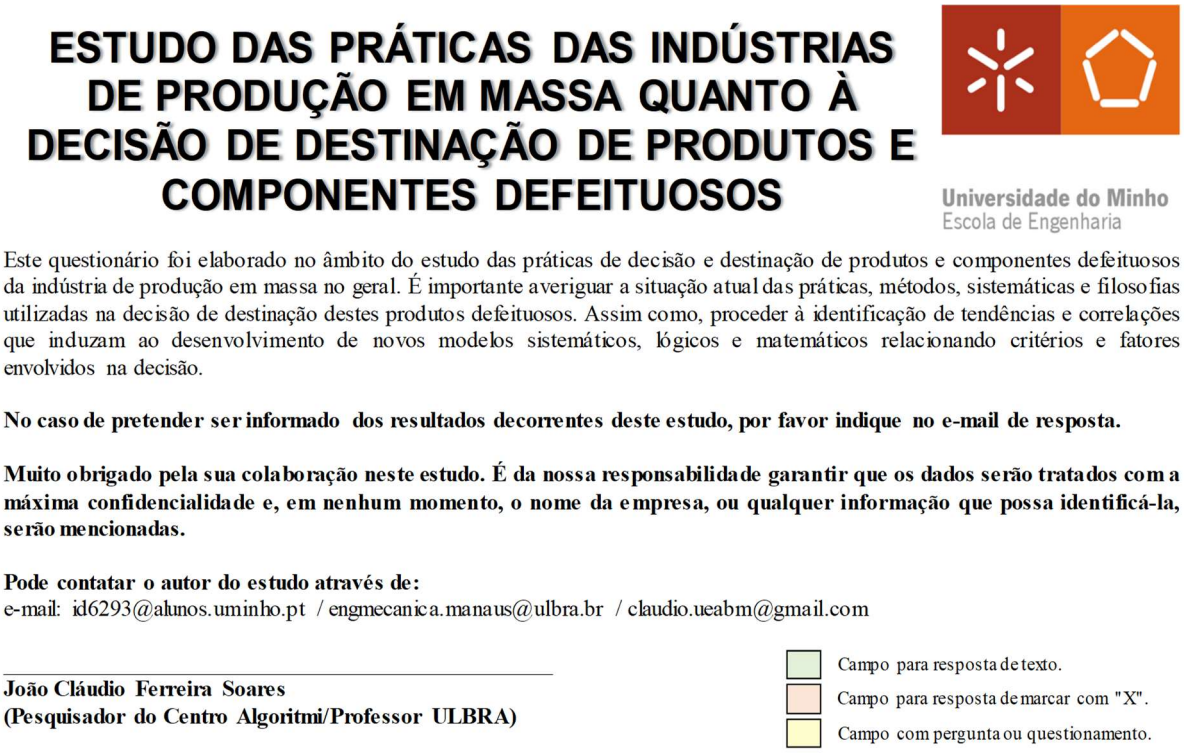
O Questionário de Pesquisa foi estruturado em 20 Questões, sendo 18 Questões com alternativas de respostas (questões fechadas) e 2 Questões abertas. Para além destas questões, sete outros pedidos de informação foram incluídos, relativos à caracterização inicial do produto defeituoso e da indústria.

As Questões fechadas possuem alternativas como outro, outros ou outra situação, caso nenhuma das alternativas corresponda à realidade, permitindo nestes casos respostas abertas.

As Questões foram elaboradas a partir dos objetivos específicos de investigação da Pesquisa. Para cada uma das Questões foi definido um objetivo, e um aspecto teórico envolvido, conforme é mostrado no desenvolvimento deste tópico.

4.2.1 Enquadramento das empresas inquiridas

A Figura 7 mostra o cabeçalho utilizado para introduzir o Questionário de Pesquisa aos respondentes. Apresenta-se suscintamente o tema, o objetivo, a importância e a confidencialidade das informações coletadas.



ESTUDO DAS PRÁTICAS DAS INDÚSTRIAS DE PRODUÇÃO EM MASSA QUANTO À DECISÃO DE DESTINAÇÃO DE PRODUTOS E COMPONENTES DEFEITUOSOS

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Este questionário foi elaborado no âmbito do estudo das práticas de decisão e destinação de produtos e componentes defeituosos da indústria de produção em massa no geral. É importante averiguar a situação atual das práticas, métodos, sistemáticas e filosofias utilizadas na decisão de destinação destes produtos defeituosos. Assim como, proceder à identificação de tendências e correlações que induzam ao desenvolvimento de novos modelos sistemáticos, lógicos e matemáticos relacionando critérios e fatores envolvidos na decisão.

No caso de pretender ser informado dos resultados decorrentes deste estudo, por favor indique no e-mail de resposta.

Muito obrigado pela sua colaboração neste estudo. É da nossa responsabilidade garantir que os dados serão tratados com a máxima confidencialidade e, em nenhum momento, o nome da empresa, ou qualquer informação que possa identificá-la, serão mencionadas.

Pode contatar o autor do estudo através de:
e-mail: id6293@alunos.uminho.pt / engmecanica.manaus@ulbra.br / claudio.ueabm@gmail.com

João Cláudio Ferreira Soares
(Pesquisador do Centro Algoritmi/Professor ULBRA)

Campo para resposta de texto.
Campo para resposta de marcar com "X".
Campo com pergunta ou questionamento.

Figura 7 - Cabeçalho do Questionário de Pesquisa

A Tabela 9 apresenta as informações iniciais que devem ser prestadas pelo respondente com o objetivo de caracterizar a empresa, o produto, o defeito e os processos envolvidos na análise.

Tabela 9 - Informações iniciais do inquirido e da empresa

QUESTIONÁRIO	
EMPRESA:	
SETOR PRODUTIVO:	
DEFINIR UM TIPO DE PRODUTO DEFEITUOSO A SER AVALIADO:	
DEFINIR UM TIPO DE DEFEITO DO PRODUTO DEFEITUOSO A SER AVALIADO (IDEAL É QUE ESSE DEFEITO SEJA RELEVANTE, RECORRENTE E JÁ CONHECIDO):	
PROCESSOS DE FABRICAÇÃO ENVOLVIDOS COM O PRODUTO DEFEITUOSO:	
PROCESSO SEGUINTE:	
FUNÇÃO/CARGO DO RESPONDENTE:	

Se o inquirido não identificar na empresa um produto defeituoso o restante inquérito não será aplicado.

4.2.2 Elaboração de questões destinadas a identificar a realidade das práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM

Desenvolvimento da Questão 1: A Tabela 10 apresenta a Questão 1 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta.

Tabela 10 - Questão 1 do Questionário de Pesquisa

ITEM	DESCRIÇÃO	
1	**QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO?**	
		SUCATEADO COM CUSTO
		RETRABALHADO
		VENDIDO COMO SUCATA (OUTRA EMPRESA)
		REAPROVEITADO COMO MATÉRIA-PRIMA
		OUTRO
	SE OUTRO, QUAL?	

Objetivo da Questão: Correlacionar a resposta da pergunta (decisão de destinação) com outras perguntas e respostas do questionário, ou seja, identificar a motivação, os fatores, ou critérios que colaboraram na decisão de destinação, que estão em outra questão do questionário.

Relação com a literatura: Não há trabalhos de pesquisa que abordem esta decisão dentro da teoria de custos da qualidade com vista a analisar os fatores envolvidos (Campanella, 1999; Juran & Godfrey, 1999; Lim et al., 2015).

Desenvolvimento da Questão 3: A Tabela 11 apresenta a Questão 3 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (permitida resposta única).

Tabela 11 - Questão 3 do Questionário de Pesquisa

	QUAL O PROCESSO QUE ORIGINA O DEFEITO?	
3		FORNECEDOR
		FUNDIÇÃO
		USINAGEM
		SOLDAGEM
		PINTURA
		ACABAMENTO
		MONTAGEM
		EMBALAGEM
		OUTRO
	SE OUTRO, QUAL?	

Objetivo da Questão: Avaliar a complexidade técnica do defeito e o grau de conhecimento da empresa em relação ao defeito e o efeito sobre a decisão.

Aspecto teórico envolvido: As análises de causa e ações corretivas visam melhorar os processos que originam as falhas e defeitos no produto (Borkowski & Knop, 2016; Carmignani, 2008; Chongwatpol, 2015; Teixeira, Lopes, & Sousa, 2015).

Desenvolvimento da Questão 4: A Tabela 12 apresenta a Questão 4 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (permitida resposta única).

Tabela 12 - Questão 4 do Questionário de Pesquisa

4	**DEFEITO CAUSADO POR:**	
		MÃO-DE-OBRA
		MÁQUINAS OU EQUIPAMENTOS
		MÉTODO DE TRABALHO OU OPERAÇÃO
		MATÉRIA-PRIMA
		NÃO SABE INFORMAR
		OUTRO
	SE OUTRO, QUAL?	

Objetivo da Questão: Avaliar a complexidade técnica do defeito e o grau de conhecimento da empresa em relação ao defeito e o efeito sobre a decisão.

Aspecto teórico envolvido: Dentro do aspecto de análise de causas cabe isolar a causa raiz dentro de uma categoria (Borkowski & Knop, 2016; Carmignani, 2008; Chongwatpol, 2015; Teixeira et al., 2015).

Desenvolvimento da Questão 5: A Tabela 13 apresenta a Questão 5 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (permitida resposta única).

Tabela 13 - Questão 5 do Questionário de Pesquisa

5	**QUAL O PROCESSO SEGUINTE AO QUE ORIGINA O DEFEITO?**	
		FUNDIÇÃO
		USINAGEM
		SOLDAGEM
		PINTURA
		ACABAMENTO
		MONTAGEM
		EMBALAGEM
		CLIENTE
		OUTRO
	SE OUTRO, QUAL?	

Objetivo da Questão: Identificar correlação com as práticas de destinação em cada empresa e respectiva influência do cliente seguinte na decisão, ou seja, a etapa seguinte afeta a destinação. O nível de elaboração ou um cliente externo ou final poderia influenciar uma decisão.

Aspecto teórico envolvido: O cliente mais afetado com a incidência de produtos defeituosos é o processo seguinte, tendo em vista a expectativa gerada pela demanda do cliente final (Borkowski & Knop, 2016; Carmignani, 2008; Chongwatpol, 2015; Teixeira et al., 2015).

Desenvolvimento da Questão 6: A Tabela 14 apresenta a Questão 6 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (permitida resposta única).

Tabela 14 - Questão 6 do Questionário de Pesquisa

6	**COMO É DETECTADO O PRODUTO DEFEITUOSO?**	
		INSPEÇÃO REALIZADA POR FUNCIONÁRIO (DEPENDE DE PERCEPÇÃO HUMANA)
		INSPEÇÃO AUTOMÁTICA (NÃO DEPENDE DA PERCEPÇÃO HUMANA)
		OUTRO
	SE OUTRO, QUAL?	

Objetivo da Questão: Identificar se a forma predominante de detecção dos produtos defeituosos são inspeções.

Aspecto teórico envolvido: As inspeções realizadas por agentes humanos, dependentes de habilidade e sensibilidade, tendem apresentar variação na percepção podendo falhar e comprometer os objetivos. Contudo, podem ser uma solução para determinadas inspeções (Borkowski & Knop, 2016; Carmignani, 2008; Chongwatpol, 2015; Teixeira et al., 2015).

Desenvolvimento da Questão 12: A Tabela 15 apresenta a Questão 12 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (permitida resposta única).

Tabela 15 - Questão 12 do Questionário de Pesquisa

12	**O RETRABALHO DESSE DEFEITO É POSSÍVEL PELAS ESPECIFIDADES TÉCNICAS OU PADRÕES DE QUALIDADE?**	
		SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO
		NÃO, BASEADO EM AVALIAÇÃO
		NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO.
		OUTRA SITUAÇÃO
	SE OUTRA SITUAÇÃO, QUAL?	

Objetivo da Questão: Avaliar a complexidade técnica do defeito, grau de conhecimento da empresa em relação ao defeito e o efeito das respostas sobre a decisão.

Aspecto teórico envolvido: O retrabalho consiste em processar novamente um produto que não atingiu os objetivos ou níveis de qualidade propostos por especificações ou funcionalidades. Então, essa análise deve ser baseada em uma avaliação técnica, considerando as características do defeito, do produto e dos processos envolvidos necessários ao retrabalho. A análise de outros fatores envolvidos na decisão de retrabalhar só justifica quando o retrabalho seja capaz de atingir o nível de qualidade requerida (Chopra & Garg, 2011; Crosby, 1979; Sandoval-Chávez & Beruvides, 1998).

Desenvolvimento da Questões 13, 14 e 15: A Tabela 16 apresenta as Questões 13, 14 e 15 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (permitida resposta única).

Tabela 16 - Questões 13, 14 e 15 do Questionário de Pesquisa

13	**QUANTO AOS CUSTOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:**	
		SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS
		SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO
		NÃO SABE INFORMAR, POIS NÃO FORAM AVALIADOS OU COMPARADOS
		OUTRA SITUAÇÃO
	SE OUTRA SITUAÇÃO, QUAL?	
14	**QUANTO AOS TEMPOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:**	
		SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS
		SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO
		NÃO SABE INFORMAR, POIS NÃO FORAM AVALIADOS OU COMPARADOS
		OUTRA SITUAÇÃO
	SE OUTRA SITUAÇÃO, QUAL?	
15	**A EMPRESA POSSUI OS RECURSOS E MÉTODOS PARA O RETRABALHO?**	
		SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO
		NÃO, BASEADO EM AVALIAÇÃO
		NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO
		OUTRA SITUAÇÃO
	SE OUTRA SITUAÇÃO, QUAL?	

Objetivos das Questões: Identificar correlação com as práticas de destinação em cada empresa e respectiva influência na decisão. Avaliar a complexidade técnica do defeito e o grau de conhecimento da empresa em relação ao defeito e o efeito sobre a decisão.

Aspecto teórico envolvido: Uma parte dos custos da qualidade compreende gastos com produtos defeituosos, incluindo-se nestes o retrabalho, a sucata, a oportunidade perdida

por não produzir, não expedir, não entregar, não vender, substituições em garantia e perda de vendas e clientes. Os tempos de retrabalho e reposição (*lead time*) também influenciam em outros custos e prazos, podendo comprometer na perda ou satisfação dos clientes ou outras penalidades contratuais. O retrabalho pode demandar outros métodos, recursos ou materiais além daqueles já utilizados na produção, o que também demanda custos extras (Arabian et al., 2013; Chopra & Garg, 2011, 2012; Fons, 2012; Jaju et al., 2009; Juran & Godfrey, 1999; Lim et al., 2015; Malik et al., 2016; Ossai et al., 2016; Ozcan, 2012; Sailaja et al., 2015; Schiffauerova & Thomson, 2006).

Desenvolvimento da Questão 16: A Tabela 17 apresenta a Questão 16 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (permitida resposta única).

Tabela 17 - Questão 16 do Questionário de Pesquisa

16	**QUANTO AOS CUSTOS DE DESCARTE DESSE PRODUTO DEFEITUOSO:**	
		SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS
		SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO
		NÃO SABE INFORMAR, POIS NÃO FORAM AVALIADOS OU COMPARADOS
		OUTRA SITUAÇÃO
	SE OUTRA SITUAÇÃO, QUAL?	

Objetivo da Questão: Identificar correlação com as práticas de destinação em cada empresa e respectiva influência na decisão.

Aspecto teórico envolvido: Os produtos defeituosos não retrabalhados seguem para descarte. Os custos de descarte de produtos defeituosos são custos de falha, categoria de custo da qualidade. Contudo, os produtos defeituosos enviados para a sucata podem representar um crédito para a empresa, reduzindo os custos da falha. A dimensão dos custos de descarte está diretamente relacionada ao valor agregado do produto defeituoso, indicada pelos processamentos já realizados. Produtos em fases finais de fabricação tendem a ser retrabalhados e produtos em fases iniciais tendem a ser descartados. A comparação mais simplista é a de comparar o valor do produto descartado (custos agregados) e o custo de retrabalhar (Arabian et al., 2013; Chopra & Garg, 2011, 2012; Fons, 2012; Jaju et al., 2009; Juran & Godfrey, 1999; Lim et al., 2015; Malik et al., 2016; Ossai et al., 2016; Ozcan, 2012; Sailaja et al., 2015; Schiffauerova & Thomson, 2006).

4.2.3 Elaboração de questões destinadas a identificar a realidade, critérios e necessidade de um modelo de decisão para as práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM

Desenvolvimento da Questão 2: A Tabela 18 apresenta a Questão 2 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (permitida resposta única).

Tabela 18 - Questão 2 do Questionário de Pesquisa

2	**CLASSIFIQUE O TIPO DE DEFEITO INDICADO?**	
		NOVO OU SEM ANÁLISE DE CAUSA
		COM HISTÓRICO OU COM ANÁLISE DE CAUSA
		OUTRO
	SE OUTRO, QUAL?	

Objetivo da Questão: Identificar correlação com as práticas de destinação em cada empresa e respectiva influência na decisão.

Aspecto teórico envolvido: Os programas de melhoria da qualidade frequentemente possuem análises de não conformidade com vista a identificar causas e implementar ações de melhoria. Isso possibilita a construção de históricos e possibilidade de promover conhecimento (Borkowski & Knop, 2016; Carmignani, 2008; Chongwatpol, 2015; Teixeira et al., 2015).

Desenvolvimento da Questão 7: A Tabela 19 apresenta a Questão 7 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (permitida resposta única).

Tabela 19 - Questão 7 do Questionário de Pesquisa

7	**QUAL TIPO DE INSPEÇÃO?**			
		100% DOS PRODUTOS		
		AMOSTRAL		
		SE AMOSTRAL, QUAL O TAMANHO DOS LOTES?		
			MENOR TAMANHO DE LOTE	MAIOR TAMANHO DE LOTE

Objetivo da Questão: Identificar correlação do tipo de inspeção com as práticas de destinação em cada empresa.

Aspecto teórico envolvido: As inspeções amostrais visam otimizar os recursos em atividades de avaliação. São implementadas quando, pelas características de capacidade do processo, não há variações além das permitidas pela especificação, dentro de uma determinada quantidade (lote). As amostras inspecionadas representam o lote em relação à especificação avaliada e à capacidade do processo (Borkowski & Knop, 2016; Carmignani, 2008; Chongwatpol, 2015; Teixeira et al., 2015).

Desenvolvimento das Questões 8, 9, 10 e 11: A Tabela 20 apresenta as Questões 8, 9, 10 e 11 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (8 e 11 permitem resposta única) e campo de resposta subjetiva que preferencialmente deve ser preenchido com o número que representa a quantidade solicitada (9 e 10).

Tabela 20 - Questões 8, 9, 10 e 11 do Questionário de Pesquisa

8	**A INSPEÇÃO QUE DETECTA O DEFEITO INDICADO É REALIZADA LOGO APÓS O PROCESSO QUE ORIGINA O DEFEITO?**
	( ) SIM ( ) NÃO ( ) OUTRO SE OUTRO, QUAL?
9	**QUANTIDADE TOTAL DE PROCESSOS OU POSTOS DE TRABALHO NA EMPRESA ATÉ O PONTO DE INSPEÇÃO QUE DETECTA O DEFEITO INDICADO?**
10	**QUANTIDADE TOTAL DE PROCESSOS OU POSTOS DE TRABALHO NA EMPRESA ATÉ A EXPEDIÇÃO DO PRODUTO PARA O CLIENTE EXTERNO?**
11	**QUAL O NÍVEL PERCENTUAL DE VALOR AGREGADO (CUSTO) NO PRODUTO DEFEITUOSO EM RELAÇÃO AO SEU ESTADO FINAL (RAZÃO ENTRE O CUSTO NO MOMENTO DO DEFEITO E O CUSTO FINAL)?**
	( ) ATÉ 10% ( ) ENTRE 11% E 25% ( ) ENTRE 26% E 50% ( ) ENTRE 51% E 75% ( ) ENTRE 76% E 100%

Objetivo das Questões: Identificar nível de valor agregado ao produto defeituoso e a respectiva influência na decisão.

Aspecto teórico envolvido: As inspeções são custos de avaliação e devem ser alocadas em pontos estratégicos da manufatura. O objetivo é identificar, o mais cedo possível, o defeito, tendo em vista que os processamentos seguintes ao defeito aumentam o valor agregado e

consequentemente os custos de falha com descarte (Borkowski & Knop, 2016; Carmignani, 2008; Chongwatpol, 2015; Teixeira et al., 2015).

Desenvolvimento da Questão 17: A Tabela 21 apresenta a Questão 17 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (permitida resposta única).

Tabela 21 - Questão 17 do Questionário de Pesquisa

17	**QUAL A ESTRATÉGIA UTILIZADA PARA REPOR AO PROCESSO SEGUINTE UM PRODUTO DEFEITUOSO DESTINADO AO DESCARTE?**	
		PREVISÃO ANTECIPADA EM PLANO DE PRODUÇÃO DE TAXA DE DEFEITO
		PLANEADA NO PRÓXIMO PLANO DE PRODUÇÃO
		EM REGIME EXTRAORDINÁRIO DE TRABALHO (HORAS EXTRAS)
		NÃO HÁ ESTRATÉGIA DEFINIDA
		OUTRA SITUAÇÃO
	SE OUTRA SITUAÇÃO, QUAL?	

Objetivo da Questão: Identificar correlação com as práticas de destinação em cada empresa e respectiva influência na decisão.

Aspecto teórico envolvido: A consequente decisão de descarte de produtos defeituosos calha na necessidade de definir uma estratégia de reposição desse produto para o processo seguinte. Quando por avaliação estatística as taxas de defeito são conhecidas, há a possibilidade de planear antecipadamente essa reposição. Os prazos de entrega e tempos de processamento (*lead time*) são fatores influentes para uma estratégia de previsão antecipada, ou planeada no próximo plano. Quando há prazo disponível, os defeitos do lote anteriores podem ser planeados em planos de produção posteriores ou em regime de horas-extras, quando dados os limites de capacidade produtiva não há tempo disponível no horário normal. Ainda há situações nas quais as quantidades de defeitos são aleatórias e pequenas, podendo ser realizada a reposição ao fim dos turnos de trabalho (Chiu, Chiu, & Chao, 2006; Mhada et al., 2011; Moussawi-Haidar, Salameh, & Nasr, 2016; Pasandideh, Niaki, & Mirhosseyni, 2010).

Desenvolvimento da Questão 18: A Tabela 22 apresenta a Questão 18 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (permitida resposta única).

Tabela 22 - Questão 18 do Questionário de Pesquisa

18	**EXISTE ALGUMA POLÍTICA DE QUALIDADE CONTRA O RETRABALHO?**	
		NÃO
		SIM
	SE SIM, QUAL?	

Objetivo da Questão: Identificar fatores filosóficos ou políticos que determinam ou influenciam a decisão de destinação.

Aspecto teórico envolvido: Algumas empresas possuem filosofias ou políticas de qualidade muito incidentes contra falhas e defeitos. Essa abordagem pode comprometer uma avaliação aprofundada dos fatores envolvidos, criando uma cultura organizacional contrária ao retrabalho (Chopra & Garg, 2011; Crosby, 1979; Sandoval-Chávez & Beruvides, 1998).

Desenvolvimento da Questão 19: A Tabela 23 apresenta a Questão 19 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (permitida resposta única).

Tabela 23 - Questão 19 do Questionário de Pesquisa

19	**EXISTE UMA METODOLOGIA OU CRITÉRIOS DEFINIDOS E CLAROS PARA DECIDIR SOBRE A DESTINAÇÃO DE PRODUTOS DEFEITUOSOS NA EMPRESA?**	
		NÃO
		SIM
	SE SIM, QUAIS?	

Objetivo da Questão: Identificar outras motivações relacionadas com a decisão.

Aspecto teórico envolvido: As informações de muitos fatores estão envolvidas na decisão de destinação dos produtos defeituosos. A padronização dos processos de decisão otimizam os tempos de resposta, pela sistematização da análise das informações necessárias e disponíveis. Contribuem para o melhor aproveitamento das oportunidades de redução de custos com falhas e maximizam a utilização dos recursos humanos e materiais. Uma decisão aleatória, baseada na subjetividade de um único indivíduo, com limitações claras de percepção, tempo e conhecimento, inviabilizam a escolha da melhor opção (Bazerman & Moore, 2013; R. Russo & Camanho, 2015; Simon, 1977; Simon et al., 1986).

Desenvolvimento da Questão 20: A Tabela 24 apresenta a Questão 20 com a respectiva numeração, descrição e alternativas de resposta (permitida resposta múltipla).

Tabela 24 - Questão 20 do Questionário de Pesquisa

20	**MARQUE OS FATORES NECESSÁRIOS E EFETIVAMENTE CONTABILIZADOS NESSA TOMADA DE DECISÃO:**	
		CUSTOS DE RETRABALHO
		CUSTOS DE DESCARTE
		CUSTOS INDIRETOS COM ANÁLISE E AÇÕES ADMINISTRATIVAS DE APOIO
		CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA NA UTILIZAÇÃO DE RECURSOS PRODUTIVOS
		CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA COM PERDA DE CLIENTES
		CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA COM MULTAS OU JUROS CONTRATUAIS
		PRAZOS DE ENTREGA
		SATISFAÇÃO DO CLIENTE
		TEMPO DISPONÍVEL PARA O RETRABALHO
		TEMPO DISPONÍVEL PARA REPOR O PRODUTO AO PROCESSO SEGUINTE
		OUTROS
	SE OUTROS, QUAIS?	

Objetivo da Questão: Identificar os critérios necessários e contabilizados na tomada de decisão e correlação com demais perguntas do questionário;

Aspecto teórico envolvido: A composição da categoria de custos de falha interna, dentro dos Modelos de custos da qualidade, incluem os custos de retrabalho, descarte e outros custos de oportunidades com perdas de clientes e multas ou quebras contratuais por atrasos. Os tempos de retrabalho ou reposição (fabricação de outro) no caso de descarte, incidem em custos e colaboram diretamente para atrasos e quebra de prazos. Fatores que impactam na satisfação do cliente e nos lucros da empresa (Arabian et al., 2013; Bazerman & Moore, 2013; Campanella, 1999; Chopra & Garg, 2011, 2012; Crosby, 1979; Sandoval-Chávez & Beruvides, 1998; Schiffauerova & Thomson, 2006).

4.3 Aplicação do Questionário de Pesquisa

4.3.1 Pré-teste do Questionário de Pesquisa

A Tabela 25 mostra os resultados da avaliação realizada pelo respondente ao Questionário de Teste e as respectivas soluções propostas. Todas as propostas de solução foram aceites e incluídas no Questionário de Pesquisa.

Tabela 25 - Resultado da Avaliação do Questionário de Teste

ITEM DO QUESTIONÁRIO IDENTIFICADO	PERCEPÇÃO NEGATIVA DO RESPONDENTE	PROPOSTA DE SOLUÇÃO
Nas Informações iniciais: "PRODUTO DEFEITUOSO AVALIADO:"	Não está claro que é para definir apenas um dos produtos.	DEFINIR UM TIPO DE PRODUTO DEFEITUOSO A SER AVALIADO:
Nas Informações iniciais: "PRODUTO DEFEITUOSO AVALIADO:"	Não está claro que é para definir algum tipo de defeito.	DEFINIR UM TIPO DE DEFEITO DO PRODUTO DEFEITUOSO A SER AVALIADO (IDEAL É QUE ESSE DEFEITO SEJA RELEVANTE, RECORRENTE E JÁ CONHECIDO):
Alternativa de resposta da Questão 2 que depois passou a ser a Questão 6: "INSPEÇÃO MANUAL"	Não é comum a utilização do termo Inspeção Manual, mais utilizado a inspeção visual.	INSPEÇÃO REALIZADA POR FUNCIONÁRIO (DEPENDE DE PERCEPÇÃO HUMANA);
Descrição da Questão 4 que depois passou a ser a Questão 2: "QUAL O TIPO DE DEFEITO?"	A pergunta não está clara devido já constar o tipo de defeito no cabeçalho, pode ser descrito "Classifique o tipo de defeito encontrado?	CLASSIFIQUE O TIPO DE DEFEITO INDICADO?
Descrição da Questão 8 que depois passou a ser a Questão 10: "QUANTIDADE DE PROCESSOS E POSTOS DE TRABALHO TOTAL NA FABRICAÇÃO DO PRODUTO?"	A quantidade de processos informada na Questão 8 foi menor do que a Questão 9 gerando um conflito, pois deveria ser o contrário. Definir que a quantidade de processos é até a detecção do problema.	QUANTIDADE TOTAL DE PROCESSOS OU POSTOS DE TRABALHO NA EMPRESA ATÉ A EXPEDIÇÃO DO PRODUTO PARA O CLIENTE EXTERNO?
		Complementarmente foram incluídas as Questões objetivas 8 e 11 para melhorar a compreensão do respondente e identificar nível de valor agregado ao produto defeituoso que é o objetivo das Questões.
Descrição da Questão 9: "QUANTANTIDADE DE PROCESSOS E POSTOS DE TRABALHO ATÉ O PONTO DE INSPEÇÃO QUE DETECTA O DEFEITO?		QUANTIDADE TOTAL DE PROCESSOS OU POSTOS DE TRABALHO NA EMPRESA ATÉ O PONTO DE INSPEÇÃO QUE DETECTA O DEFEITO INDICADO?
Descrição da Questão 15 que depois passou a ser a Questão 12: "O RETRABALHO DESSE DEFEITO É POSSÍVEL PARA OS PADRÕES DE QUALIDADE?"	Não ficou claro o propósito da Questão 15 e sua relação com as demais.	O texto da Questão foi melhorado: "O RETRABALHO DESSE DEFEITO É POSSÍVEL PELAS ESPECIFIDADES TÉCNICAS OU PADRÕES DE QUALIDADE?"
		As Questões foram agrupadas por objetivo e reordenadas numa sequência lógica de acontecimentos quando se detecta um produto defeituoso (Questões 1 a 5: Decisão e análise do problema; Questões 6 a 11: Inspeção e nível de valor agregado; Questões 12 a 16: Fatores analisados envolvendo Retrabalho ou Descarte; Questões 17 a 20: Estratégias utilizadas na decisão). Somente a Questão 1 se manteve na ordem inicial.

O Apêndice I apresenta o Questionário de Pesquisa inicial enviado a um respondente em 02/03/2017 para a avaliação de compreensão das Questões e respectivas alternativas de respostas. Ao respondente, Chefe do Controle de Qualidade, foi solicitado o preenchimento do Questionário de Pesquisa para avaliar a compreensão das Questões, sem qualquer explicação prévia. Nessa sequência, foram levantadas as dificuldades do respondente na percepção do conteúdo.

4.3.2 Envio do Questionários de Pesquisa e recolha de respostas

A Tabela 26 apresenta os dados relacionados ao envio do Questionário de Pesquisa e respectivo recebimento de respostas. Foram recebidas 25 respostas (Taxa de respostas = 42,4%), de 59 solicitações via e-mail utilizando as ferramentas "SurveyMonkey" e "Formulários Google". Outras 50 respostas ao Questionários foram obtidas através do contato direto com gestores e inseridas nas ferramentas eletrônicas conforme especifica a Tabela 34 (sendo SurveyMonkey=27 e Formulários Google=23). O Contato direto envolve contato telefónico, e-mail específico (diferente de *link*) e visita in loco às pessoas de contato e conhecidas dentro das empresas. Cada respondente poderia enviar mais de uma resposta desde que se tratasse de problemas distintos, o que ocorreu em duas empresas. Foram no total 75 respostas, sendo 25 (33%) através das ferramentas eletrônicas e 50 (67%) através do contato direto com gestores.

Tabela 26 - Envio do Questionário de Pesquisa e recebimento das respostas

Item	**Envio do Questionário e recebimento das respostas**		
	Monkey + Google	**Direct contact**	**Total**
Período de envio e recebimento	(entre 13/04 a 30/07/2017)		88 dias
Quantidade de Questionários enviados	59	50	59+50 = 109
Quantidade de respostas recebidas	25	50	25+50 = 75
Taxa de respostas	42,4%	100%	75/109*100% = 68,8%

No PIM (Polo Industrial de Manaus) são oficialmente até 2013, em todos os segmentos, 512 indústrias (CNI, 2016; SUFRAMA, 2016). Os 109 questionários enviados a diferentes empresas, cobriram 21,3% da população (109/512).

4.4 Análise dos resultados do questionário

4.4.1 Análise e definição de inconsistências nas respostas

O principal objetivo do Questionário de Pesquisa é encontrar correlação de respostas que indiquem as práticas, motivações e os fatores de influência na decisão de destinação de produtos defeituosos. Entretanto, contradições nas respostas podem desacreditar conclusões, mesmo que as respostas sejam analisadas separadamente e de forma quantitativa. Pois, qualitativamente cada resposta faz parte do contexto de uma realidade única que foi verificada por perguntas objetivas na sua maioria. Dessa forma, erros de preenchimento ou equívocos nas verificações podem ocorrer, gerando contradições entre respostas. Essas contradições entre respostas de um mesmo Questionário de Pesquisa serão definidas, analisadas e tratadas, em busca das respectivas correções. Essa avaliação melhora qualitativamente o grau de confiabilidade dos resultados.

A Tabela 27 apresenta o resumo das inconsistências encontradas através de 6 verificações.

Tabela 27 - Resumo das Inconsistências

Resumo das Inconsistências				
Comparação		**Número do Formulário**	**Quantidade**	**Avaliação Qualitativa da Inconsistência**
Questão	**Questão**			
1	2	20	2	Sanada
		42		Sanada
	12	44	1	Sanada
	13	-	0	Sanada
	14	-	0	Sanada
	15	1	1	Sanada
	16	8	3	Sanada
		29		Sanada
		36		Sanada
TOTAL			**7 (9,33%)**	**0%**

Dos 75 Questionários avaliados, 7 apresentaram algum tipo de inconsistência totalizando 9,33%. Uma análise qualitativa reavaliou as inconsistências considerando respostas de outras questões relacionadas à decisão (Questão 1), e, informações qualitativas fornecidas pelos respondentes através de contato telefônico, conforme apresentado nos tópicos seguintes. O Apêndice II apresenta o detalhadamente da avaliação de inconsistências realizada.

Conforme mostra a Tabela 28, todas as inconsistências foram sanadas. De forma geral dois tipos de justificativas foram identificadas, a combinação de outras respostas no questionário e o erro de indicação da resposta.

Tabela 28 - Resultado geral da avaliação qualitativa de inconsistências dos 7 Questionários

Resumo das Inconsistências							
Comparação				Número do Formulário	Quant.	Avaliação Qualitativa da Inconsistência	Resultado
Questão 1	Resposta	Questão	Resposta				
QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO?	RETRABALHADO	2) CLASSIFIQUE O TIPO DE DEFEITO INDICADO?	NOVO OU SEM ANÁLISE DE CAUSA	20	2	Considerando a consistência das respostas às Questões 12, 13, 14 e 15, e, que no momento de responder o Questionário não havia análise de causa pelo fornecedor como informado entendeu-se que tal resposta é consistente.	Sanada
			OUTRO	42			Sanada
		12) O RETRABALHO DESSE DEFEITO É POSSÍVEL PELAS ESPECIFIDADES TÉCNICAS OU PADRÕES DE QUALIDADE?	NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO	44	1	O respondente via contato telefônico informou que o retrabalho deste defeito é possível pelos padrões de qualidade. A peça é lixada e pintada no local da batida. Então, informou que deve ter havido um engano no momento do preenchimento.	Sanada
		13) QUANTO AOS CUSTOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	-	-	0	-	-
		14) QUANTO AOS TEMPOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	-	-	0	-	-
		15) A EMPRESA POSSUI OS RECURSOS E MÉTODOS PARA O RETRABALHO?	NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO	01	1	O respondente via contato telefônico informou que provavelmente se enganou no preenchimento da resposta, pois o retrabalho é relativamente simples tratando-se de um problema de montagem onde a peça é retirada e montada novamente. O Projeto permite esse tipo de falha durante a montagem (peça invertida de posição).	Sanada
	VENDIDO COMO SUCATA (OUTRA EMPRESA)	16) QUANTO AOS CUSTOS DE DESCARTE DESSE PRODUTO DEFEITUOSO:	SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	08	3	As respostas às Questões 18 e 19 parecem influenciar diretamente na decisão de vender o produto defeituoso como sucata, apesar dos elevados custos de descarte (Questão 16 que gerou a inconsistência inicial); o alto valor agregado (Questão 11); e a possibilidade de retrabalho considerando os aspectos técnicos (Questão 12) e os recursos existentes na empresa (Questão 15).	Sanada
	SUCATEADO COM CUSTO			29		As respostas às Questões 13 e 14 igualam a condição de custo e tempo elevados de retrabalho com as geradas pela Questão 16 (custo de descarte elevados - inconsistência inicial). Então, diante da igualdade de condições nas duas decisões, a Questão 19 indica correlação a decisão de descarte (exceto Questionário 36) juntamente com o baixo valor agregado (Até 10%) da Questão 11, o que provavelmente influencia a decisão de não retrabalhar.	Sanada
				36			Sanada
TOTAL DE INCONSISTÊNCIAS				**7 (9,33%)**		**TODAS SANADAS**	**0%**

4.4.2 Análise dos dados recolhidos no Questionário de Pesquisa

Foram recebidos 75 Questionários respondidos por 27 indústrias diferentes, sendo 22 ligadas ao segmento de motocicletas e 5 ligadas ao segmento eletroeletrónico. Seis empresas enviaram mais de uma resposta. 83% das respostas são de indústrias localizadas no PIM. Os respondentes são chefes (34%), analistas (17%), engenheiros (14%), gestores (11%), especialistas (9%), supervisores (9%), coordenadores (3%) e encarregados (3%) nas respectivas indústrias.

A Figura 8 mostra os resultados quantitativos das respostas à Questão 1 (Qual destino é dado ao produto defeituoso?), que representa a decisão de destinação do produto defeituoso analisado pela indústria.

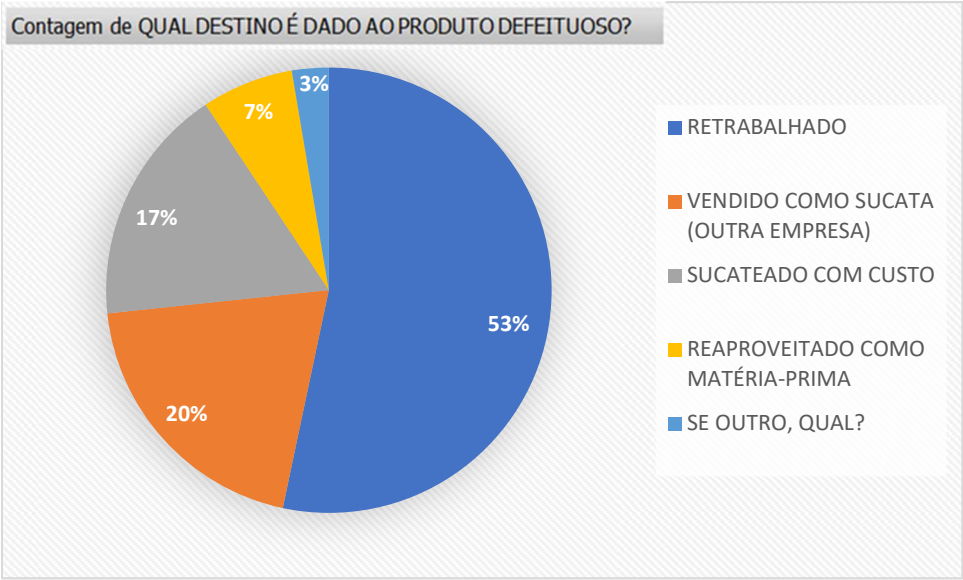


Figura 8 – Gráfico de resultado das respostas à Questões 1

A partir da Questão 1, correlações de respostas são analisadas para obter conclusões que indiquem os motivos e justificativas pela respectiva decisão expressa na Questão 1.

Nessa análise, as alternativas “Vendido como sucata” (20%), “Sucateado com custo” (17%) e “Reaproveitado como matéria-prima” (7%) serão tratadas como descarte de produto defeituoso que perfazem um total de 44%.

Dois respondentes optaram pela alternativa “Outro”. Na descrição do campo “Se outro, Qual?” um respondente escreveu: “Retorna ao fornecedor para análise”. Contudo, uma análise qualitativa das respostas mostrou que na Questão 12 (O Retrabalho desse defeito é possível pelas especificidades técnicas ou padrões de qualidade?), o respondente marcou a alternativa “Não, baseado em Avaliação”, ou seja, este problema também pode ser tratado como descarte de produto defeituoso.

O outro respondente escreveu: “Seleção”. Contudo, uma análise qualitativa das respostas mostrou que na Questão 7 (Qual tipo de inspeção?), o respondente marcou a alternativa “Amostral”, ou seja, a seleção que o respondente se refere está ligada separação de peças defeituosas ou não, já que realiza inspeção amostral. Os produtos não defeituosos seguem o fluxo produtivo e os defeituosos seguem para o retrabalho, conforme respostas de que o retrabalho é possível, a empresa possui os recursos e métodos, seus custos e tempos são razoáveis. Então, este problema pode ser tratado como retrabalho de produto defeituoso.

A Figura 9 mostra o agrupamento dos resultados das respostas em relação às duas decisões sistematizadas nesta análise. A Questão 1 representa a decisão de destinação do produto defeituoso analisado pela indústria. A partir da Questão 1, correlações de respostas são analisadas para obter conclusões que indiquem os motivos e justificativas pela respectiva decisão expressa na Questão 1.

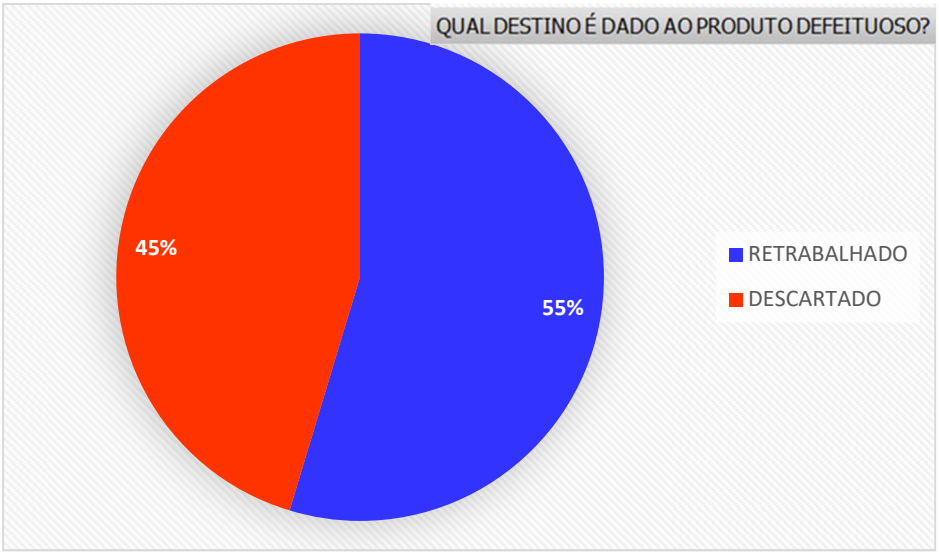


Figura 9 – Gráfico de agrupamento do resultado das respostas à Questões 1

4.4.3 Análise dos resultados das respostas às questões destinadas a identificar a realidade das práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM

Análise dos resultados das respostas à Questão 4: O gráfico da Figura 10 apresenta os resultados das respostas à Questão 4 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 ("Qual destino é dado ao produto defeituoso?"), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- 95% dos respondentes souberam definir o grupo de causa do defeito, coerente com os resultados das respostas à Questão 2 e confirmando as práticas de análise de causa dessas indústrias;
- 5% (4 casos) dos respondentes que não souberam definir o grupo de causa do defeito alegaram ter realizado o retrabalho e possuírem histórico ou análise de causa. Contudo, algum outro fator os impediu de definir as causas;
- Não há correlação das respostas em relação às decisões, ou seja, não é possível concluir se o um grupo específico favorece uma das opções de destinação.

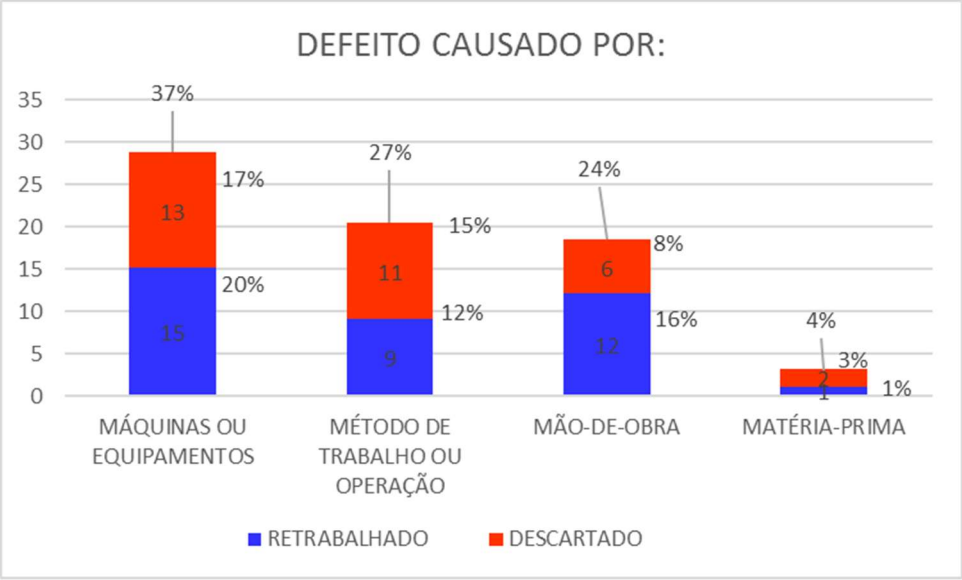


Figura 10 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 4 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

Análise dos resultados das respostas à Questão 6: O gráfico da Figura 11 apresentam os resultados das respostas à Questão 6 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 ("Qual destino é dado ao produto defeituoso?"), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- Predomina nessas indústrias as inspeções realizadas por funcionário (75%);
- Houve inversão da predominância de retrabalho para descarte quando a inspeção foi automática, ou seja, predominou retrabalho na inspeção humana e predominou descarte na inspeção automática;
- Na inspeção automática o retrabalho caracterizou-se por substituição de algum componente defeituosos no produto. Já no descarte o defeito estava no próprio produto defeituoso (análise qualitativa do campo "Definir um tipo de produto defeituoso a ser avaliado:" e "Definir um tipo de defeito do produto defeituoso a ser avaliado:" dos 19 Questionários com resposta de inspeção automática).

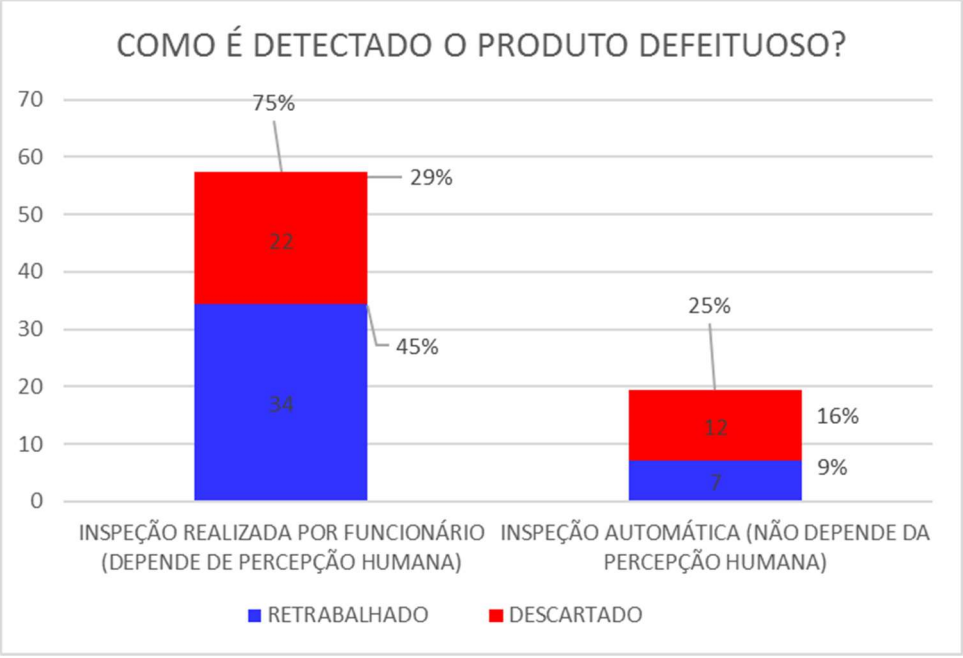


Figura 11 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 6 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

- O retrabalho não era possível pelos padrões de qualidade (Questão 12) em 9 dos 12 casos de descarte da inspeção automática conforme mostra o gráfico da Figura 12. Nos 3 casos restantes a empresa não possuía os recursos e métodos para o retrabalho (Questão 15);
- Não há correlação das respostas em relação as decisões, ou seja, não é possível concluir se o tipo de detecção favorece uma das opções de destinação.

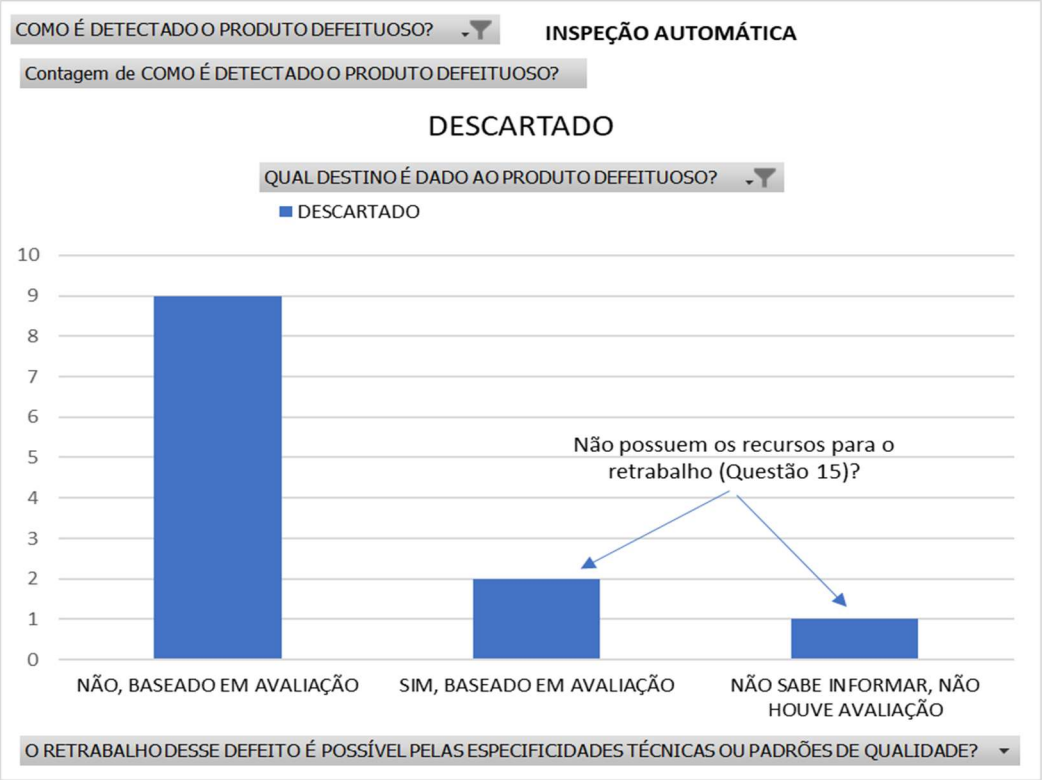


Figura 12 – Gráfico de análise das respostas de Inspeção Automática e descartados em relação à Questão 12

Análise dos resultados das respostas à Questão 12: O gráfico da Figura 13 apresenta os resultados das respostas à Questão 12 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 (“Qual destino é dado ao produto defeituoso?”), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- Dos 9 casos de descarte, mesmo em condições técnicas para o retrabalho, 5 casos possuem política contra o retrabalho (Questão 18) e os outros 4 casos possuem valor

agregado até 10%, fator que justifica a decisão de descarte, pois quanto à comparação dos custos de descarte e retrabalho, houve equivalência nas respostas, pois quando apontado como elevado estavam os dois, quando razoáveis também estavam os dois, nestes 4 casos.

- Dos 41 casos de retrabalho em condições técnica favoráveis, todos indicaram custos de retrabalho razoáveis (Questão 13), sendo que 31 casos indicaram custos de retrabalho razoáveis ou melhores do que o descarte e custos de descarte elevados (Questões 13 e 16). 4 casos indicaram custos de retrabalho e descarte razoáveis (equivalente), sendo que 2 casos possuem valor agregado entre 76% e 100% e 2 casos com retrabalho relativamente simples. 6 casos não souberam informar sobre os custos de descarte, sendo 1 caso com valor agregado entre 76% e 100% e 5 casos até 10% com retrabalho relativamente simples. Em 83% dos casos (34 dos 41 casos) há indícios de que os custos influenciaram a decisão de retrabalho, desde que não houvesse limitações técnicas.
- Em 33% dos casos, a qualidade foi uma limitação à decisão de retrabalho, atendendo um pressuposto da pesquisa.

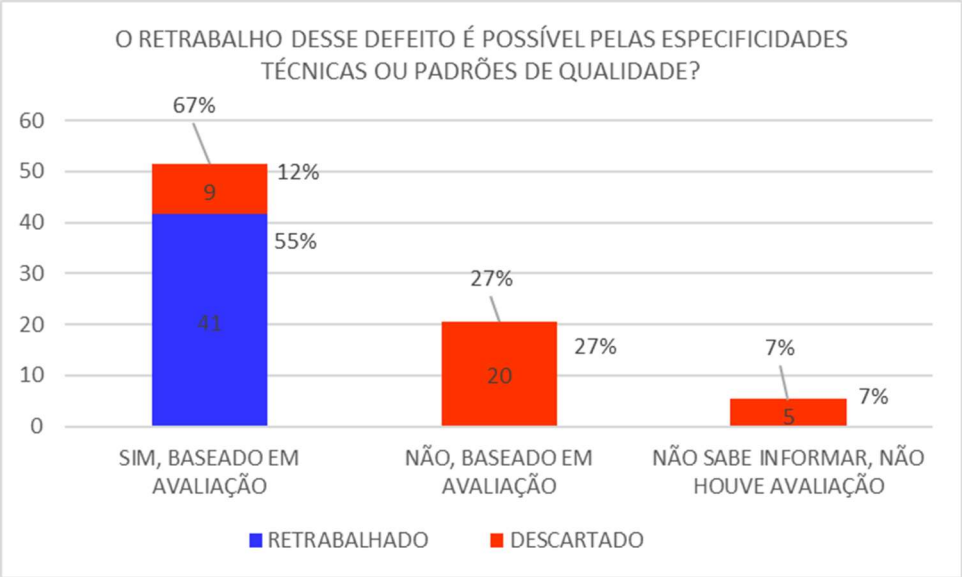


Figura 13 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 12 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

Análise dos resultados das respostas à Questão 13: O gráfico da Figura 14 apresenta os resultados das respostas à Questão 13 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 ("Qual destino é dado ao produto defeituoso?"), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso:

- Após uma análise qualitativa dos 4 casos de retrabalho com indicação de "Outra situação" em relação aos custos de retrabalho, verificou-se que no campo de informação "Se outra situação, qual?", todos indicaram que eram elevados, mas melhores do que uma situação de descarte, e, todos indicaram custos de descarte elevados (Questão 16). Então, conclui-se que os custos de retrabalho dos 4 casos podem ser entendidos como razoáveis e não inviabilizam o retrabalho conforme ocorreu. Estes casos foram reclassificados na opção de "São razoáveis e não inviabilizam sua realização".
- Dos 8 casos de descarte com custos de retrabalho razoáveis, em 3 casos o retrabalho não foi possível pelos padrões de qualidade (Questão 12), em 1 caso a empresa não possuía os recursos e métodos para o retrabalho (Questão 15), em 2 casos existia política contra o retrabalho (Questão 18), e, em 2 casos o nível de valor agregado era de até 10% (Questão 11), sendo que em 1 caso os custos de descarte eram razoáveis e o outro caso não soube informar sobre os custos de descarte (Questão 16). Então, apesar de custos de retrabalho razoáveis, outras limitações influenciaram na decisão de descarte.
- Não havia limitações das Questões 12 (qualidade) e 15 (recursos) nos 41 casos de retrabalho com custos de retrabalho razoáveis. 31 casos indicaram custos de descarte elevados. 4 casos indicaram custos de descarte razoáveis (Questão 16), sendo que 2 casos possuíam valor agregado entre 76% e 100% (Questão 11). 6 casos não sabem informar os custos de descarte (Questão 16), sendo que 5 casos possuem valor agregado até 10% (Questão 11), com retrabalho relativamente simples (análise qualitativa do produto e tipo de defeito), e, 1 caso com valor agregado entre 76% e 100% (Questão 11).
- Dos 41 casos de retrabalho com custos de descarte razoáveis, 29 casos possuem valor agregado entre 76% e 100% (Questão 11) e 9 casos possuem valor agregado até

10%. Então, 93% dos casos de retrabalho possuem custos de retrabalho razoáveis e valor agregado nos extremos, sendo 71% de alto valor agregado (entre 76% e 100%) e 22% de baixo valor agregado (até 10%), com baixa complexidade de retrabalho.

- Dos 41 casos de retrabalho com custos de retrabalho razoáveis, 5 casos indicaram política contra o retrabalho, sendo que em 3 casos os custos de descarte eram elevados. Contudo, a política contra o retrabalho não impediu o retrabalho.

Os resultados sugerem que os custos de retrabalho favorecem uma das opções de destinação, desde que outros fatores limitantes não estejam presentes na decisão.

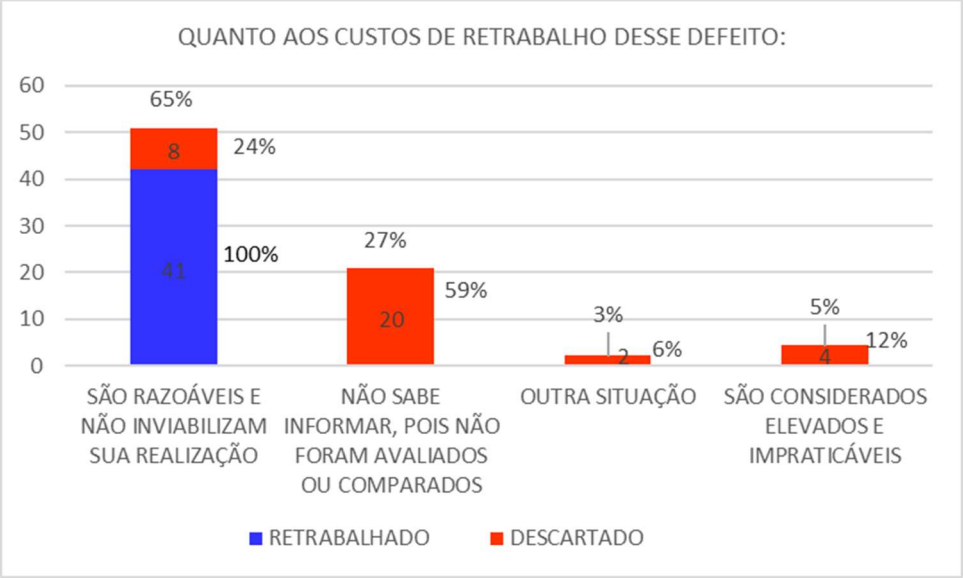


Figura 14 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 13 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

Análise dos resultados das respostas à Questão 14: O gráfico da Figura 15 apresenta os resultados das respostas à Questão 14 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 (“Qual destino é dado ao produto defeituoso?”), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- Após uma análise qualitativa dos 2 casos de retrabalho com indicação de “Outra situação” em relação aos tempos de retrabalho, verificou-se que no campo de informação “Se outra situação, qual?” ambos indicaram que eram elevados, mas

melhores do que uma situação de descarte, e, que todos indicaram custos de descarte elevados (Questão 16). Então, conclui-se que os tempos de retrabalho dos 2 casos podem ser entendidos como razoáveis e não inviabilizam o retrabalho conforme ocorreu. Estes casos foram reclassificados na opção de "São razoáveis e não inviabilizam sua realização".

- Dos 9 casos de descarte com tempos de retrabalho razoáveis, 4 casos (Questionários: 15, 34, 35 e 38) o retrabalho não foi possível pelos padrões de qualidade (Questão 12), em 1 caso a empresa não possuía os recursos e métodos para o retrabalho (Questão 15), em 2 casos existia política contra o retrabalho (Questão 18), e, em 2 casos o nível de valor agregado era de até 10% (Questão 11), sendo que em 1 caso os custos de descarte eram razoáveis e o outro caso não soube informar sobre os custos de descarte (Questão 16). Então, apesar de tempos de retrabalho razoáveis, outras limitações influenciaram na decisão de descarte. Esta análise coincide com a dos custos de retrabalho.
- Não havia limitações das Questões 12 (qualidade) e 15 (recursos) nos 41 casos de retrabalho com custos de retrabalho razoáveis. 31 casos indicaram custos de descarte elevados. 4 casos (Questionários: 19, 25, 28 e 37) indicaram custos de descarte razoáveis (Questão 16), sendo que 2 casos possuíam valor agregado entre 76% e 100% (Questão 11). 6 casos não sabem informar os custos de descarte (Questão 16), sendo que 5 casos possuem valor agregado até 10% (Questão 11), com retrabalho relativamente simples (análise qualitativa do produto e tipo de defeito), e, 1 caso com valor agregado entre 76% e 100% (Questão 11). Esta análise coincide com a dos custos de retrabalho (Questão 14).

Há indícios de que os tempos de retrabalho são diretamente proporcionais aos custos de retrabalho e favorecem uma das opções de destinação, desde que outros fatores limitantes não estejam presentes na decisão.

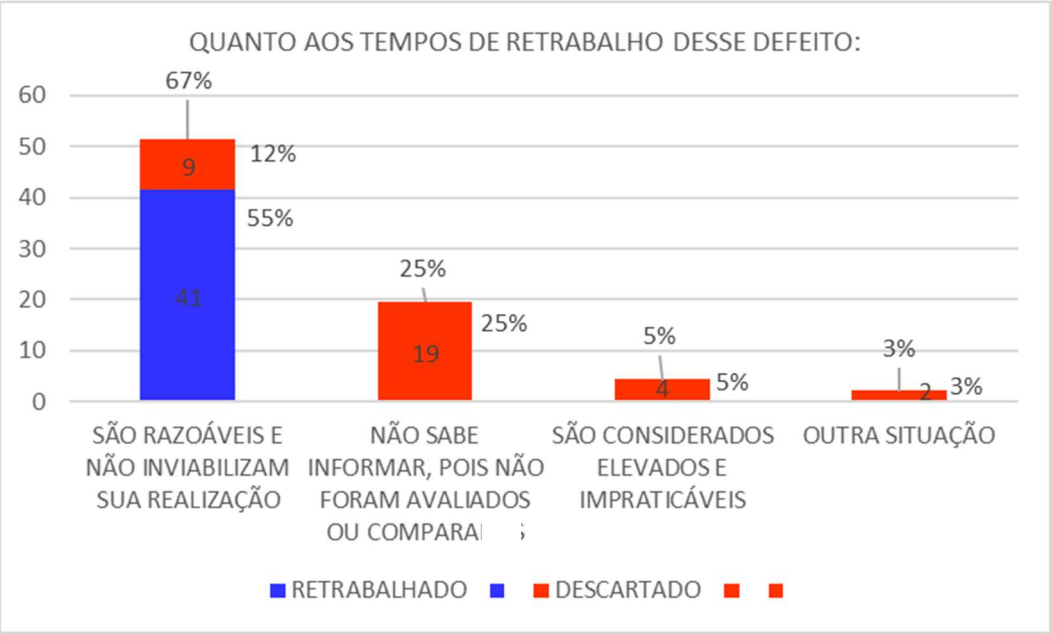


Figura 15 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 14 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

Análise dos resultados das respostas à Questão 15: O gráfico da Figura 16 apresenta os resultados das respostas à Questão 15 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 (“Qual destino é dado ao produto defeituoso?”), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- Dos 7 casos de descarte, mesmo com recursos e métodos para o retrabalho, em 1 caso o retrabalho não era possível pelos padrões de qualidade (Questão 12), 3 casos possuem política contra o retrabalho (Questão 18) e os outros 3 casos possuem valor agregado até 10%, fator único que justifica a decisão de descarte, pois quanto à comparação dos custos de descarte e retrabalho houve equivalência nas respostas, pois quando apontado como elevado, estavam os dois, quando razoáveis, também estavam os dois nestes 3 casos. Esta análise coincide com a de limitação técnica do retrabalho (Questão 12), exceto pela diferença de 2 casos, a menos que não possuíam os recursos e métodos para o retrabalho, e, estão nos 13 casos de “Não, baseado em avaliação” (Questão 12).
- Dos 41 casos de retrabalho em condições técnicas favoráveis (Questão 12), com recursos e métodos existentes, todos indicaram custos de retrabalho razoáveis

(Questão 13), sendo que 31 casos indicaram custos de retrabalho razoáveis ou melhores do que o descarte e custos de descarte elevados (Questões 13 e 16). 4 casos indicaram custos de retrabalho e descarte razoáveis (equivalente), sendo que 2 casos possuem valor agregado entre 76% e 100% e 2 casos com retrabalho relativamente simples. 6 casos não souberam informar sobre os custos de descarte, sendo 1 caso com valor agregado entre 76% e 100% e 5 casos até 10%, com retrabalho relativamente simples. Em 83% dos casos (34 dos 41 casos) há indícios de que os custos influenciaram a decisão de retrabalho, desde que não houvesse limitações técnicas. Esta análise coincide com a de limitação técnica do retrabalho (Questão 12).

- Dos 13 casos de descarte que indicaram não saber informar sobre a existência de recursos e métodos para o retrabalho, em 7 casos o retrabalho não era possível (Questão 12), em 1 caso existia política contra o retrabalho, e, em 1 caso (Questionário: 36) os custos de retrabalho e descarte eram elevados (Questões 13 e 16), com valor agregado de até 10% (Questão 11). Em 4 casos não sabiam informar as Questões 12, 13 e 15, sendo que em 1 caso o valor agregado era de até 10%, em 1 caso indicou custos de descarte como razoáveis (Questão 16), e, em 2 casos a desinformação pareceu estar ligada a limitações técnicas de qualidade e recursos.
- O único caso que informou “Outra situação”, o retrabalho não era possível (Questão 12).
- Em 17% dos casos, a não existência de recursos e métodos para o retrabalho foi uma limitação para a decisão de retrabalho.

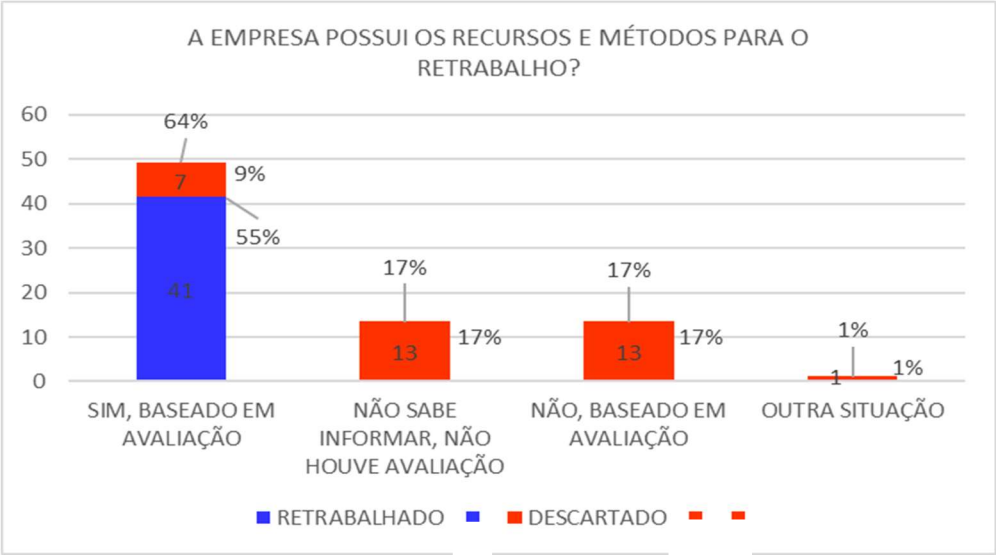


Figura 16 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 15 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

Análise dos resultados das respostas à Questão 16: A Figura 17 apresenta os resultados das respostas à Questão 16 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 (“Qual destino é dado ao produto defeituoso?”), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- Dos 3 casos de descarte com custos de descarte elevados, em todos os casos o retrabalho era possível pelos padrões de qualidade (Questão 12), em todos os casos os custos de retrabalho eram elevados de forma equivalente ao descarte (Questão 13), sendo que 1 caso possui política contra o retrabalho (Questão 18) e 2 casos o valor agregado é de até 10% (Questão 11).
- Dos 8 casos de descarte que informaram “Outra situação” referente aos custos de descarte, em 6 casos o retrabalho não era possível (Questão 12), 1 caso não possuía os recursos (Questão 15), e, em 1 caso a desinformação pareceu estar ligada a limitações técnicas de qualidade e recursos, pois não sabe informar quase todas as questões limitantes (Questões 12, 13, 15 e 16).
- Dos 4 casos de retrabalho com custos de descarte razoáveis, em todos os casos não há limitações das Questões 12 e 15, e, em todos os casos os custos de retrabalho são razoáveis (Questão 13) e equivalentes aos de descarte, sendo que em 2 casos o valor

agregado está entre 76% e 100%, e, em 2 casos o retrabalho era relativamente simples (análise qualitativa do produto e tipo de defeito).

- Dos 6 casos de retrabalho que não sabem informar os custos de descarte, todos os casos possuem custos de retrabalho razoáveis (Questão 13), sem limitações técnicas das Questões 12 e 15.
- Dos 3 casos de descarte que não sabem informar os custos de descarte, 1 caso indica até 10% de valor agregado (Questão 11), mesmo com custos de retrabalho razoáveis (Questão 13). Outros 2 casos não sabem informar as Questões 12, 13 e 15, tendo 1 caso até 10% e o outro caso entre 11% e 25% de valor agregado (Questão 11).
- Em 68% dos casos, os custos de descarte influenciaram a destinação, pois, em 31 casos de retrabalho, os custos de descarte eram elevados, e, em 20 casos de descarte os custos de descarte eram razoáveis.

Há indícios de que os custos de descarte favorecem uma das opções de destinação, desde que outros fatores limitantes não estejam presentes na decisão.

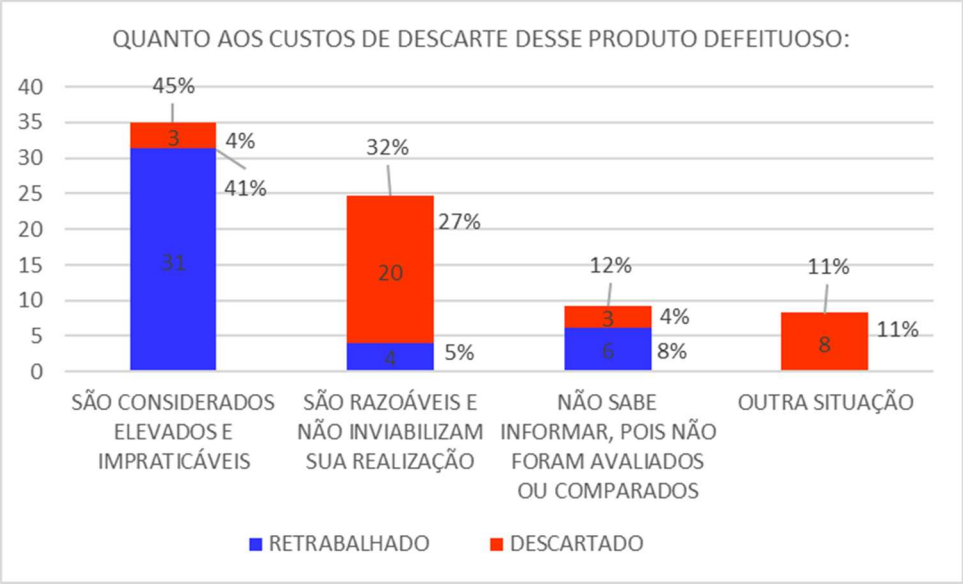


Figura 17 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 16 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

4.4.4 Análise dos resultados das respostas às questões destinadas a identificar a realidade, critérios e necessidade de um modelo de decisão para as práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM

Análise dos resultados das respostas à Questão 2: O gráfico da Figura 18 apresenta os resultados das respostas à Questão 2 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 ("Qual destino é dado ao produto defeituoso?"), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- Em 96% dos problemas analisados há histórico ou análise de causa, mostrando a relevância dos dados e as práticas de gestão dessas indústrias;
- Não há correlação das respostas em relação às decisões, ou seja, não é possível concluir se o histórico ou a análise de causa favorece uma das opções de destinação.

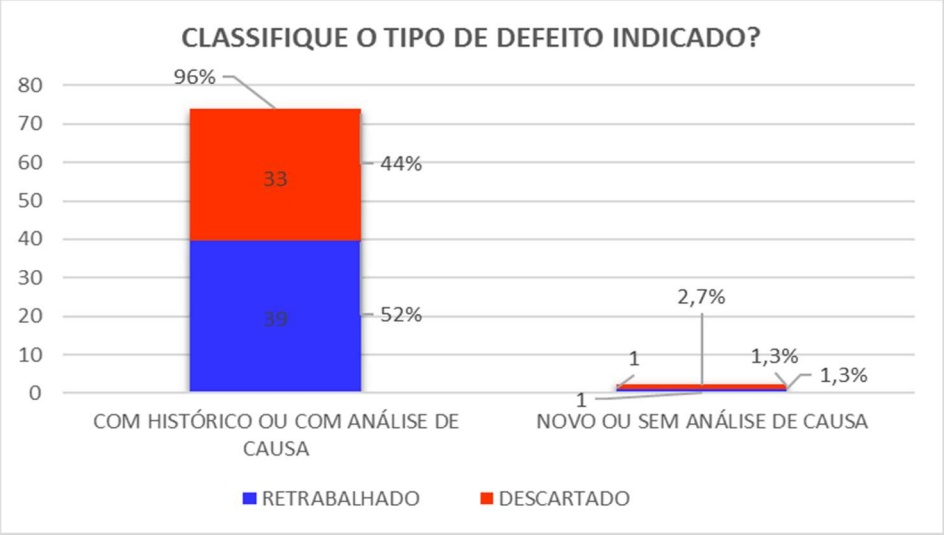


Figura 18 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 2 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

Análise dos resultados das respostas à Questão 7: O gráfico da Figura 19 apresenta os resultados das respostas à Questão 7 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 ("Qual destino é dado ao produto defeituoso?"), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- Predomina nessas indústrias as inspeções de 100% dos produtos (83% das respostas);

- Houve inversão da predominância de retrabalho para descarte quando a inspeção foi amostral, ou seja, predominou retrabalho na inspeção 100% e predominou descarte na inspeção amostral;
- Na inspeção amostral, outros fatores limitantes definiram o descarte como a não possibilidade de retrabalho (Questão 12), custos de retrabalho elevados (Questão 13), custos de descarte razoáveis (Questão 16), existência de política contra o retrabalho (Questão 18) ou por baixo valor agregado (Questão 11) e reaproveitamento do produto defeituoso como matéria-prima (análise qualitativa dos 10 Questionários com resposta de inspeção amostral com destinação de descarte).

Não há correlação das respostas em relação as decisões, ou seja, não é possível concluir se o tipo de inspeção favorece uma das opções de destinação.

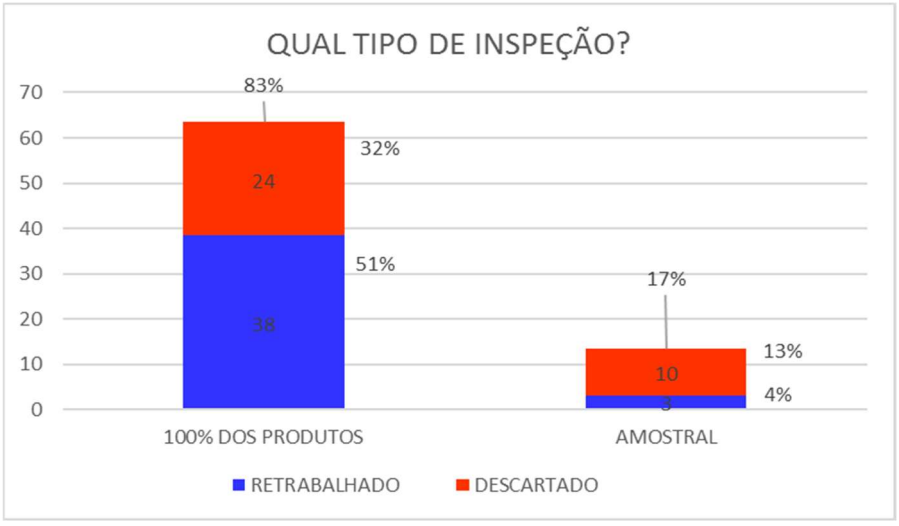


Figura 19 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 7 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

Análise dos resultados das respostas à Questão 8: O gráfico da Figura 20 apresenta os resultados das respostas à Questão 8 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 (“Qual destino é dado ao produto defeituoso?”), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- Predomina nos casos de defeito analisados que essas indústrias não realizam as inspeções logo após os processos que originam os defeitos (69%). Isso contribui para aumentar o valor agregado do produto defeituoso, conforme constatado nas respostas à Questão 11 onde 59% estão acima de 75% de valor agregado;
- Considerando que os defeitos analisados são relevantes, essas empresas devem reavaliar seus pontos de inspeção;
- Na inspeção não realizada logo após o processo que origina o defeito, outros fatores limitantes definiram o descarte como a não possibilidade de retrabalho (Questão 12) em 16 casos, não existência dos recursos e métodos para o retrabalho (Questão 15) em 2 casos, custos de descarte razoáveis (Questão 16) em 3 casos, existência de política contra o retrabalho (Questão 18) em 1 caso ou por baixo valor agregado (Questão 11) e reaproveitamento do produto defeituoso como matéria-prima (análise qualitativa de 23 Questionários) em 1 caso.

Não há correlação das respostas em relação às decisões, ou seja, não é possível concluir se o ponto de inspeção favorece uma das opções de destinação. Entretanto, existe uma relação com o aumento do valor agregado, conforme mostra o gráfico da Figura 21.

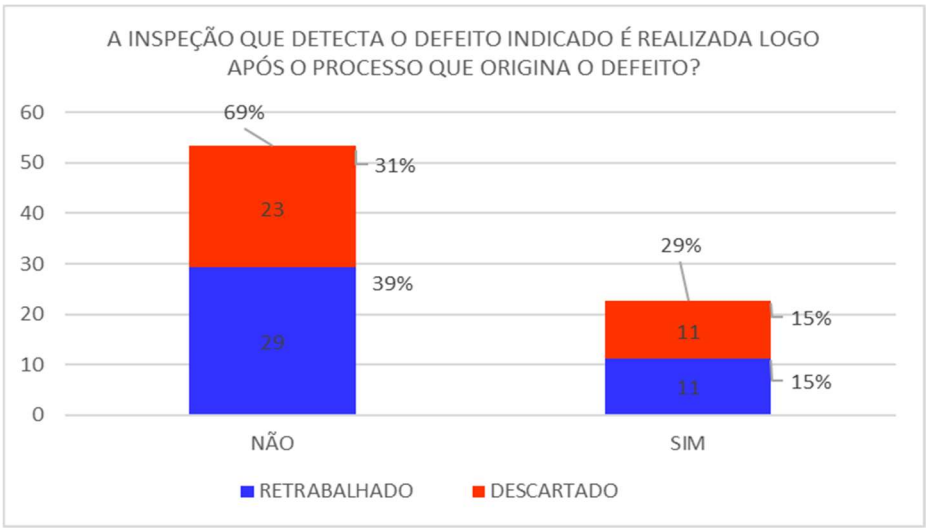


Figura 20 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 8 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

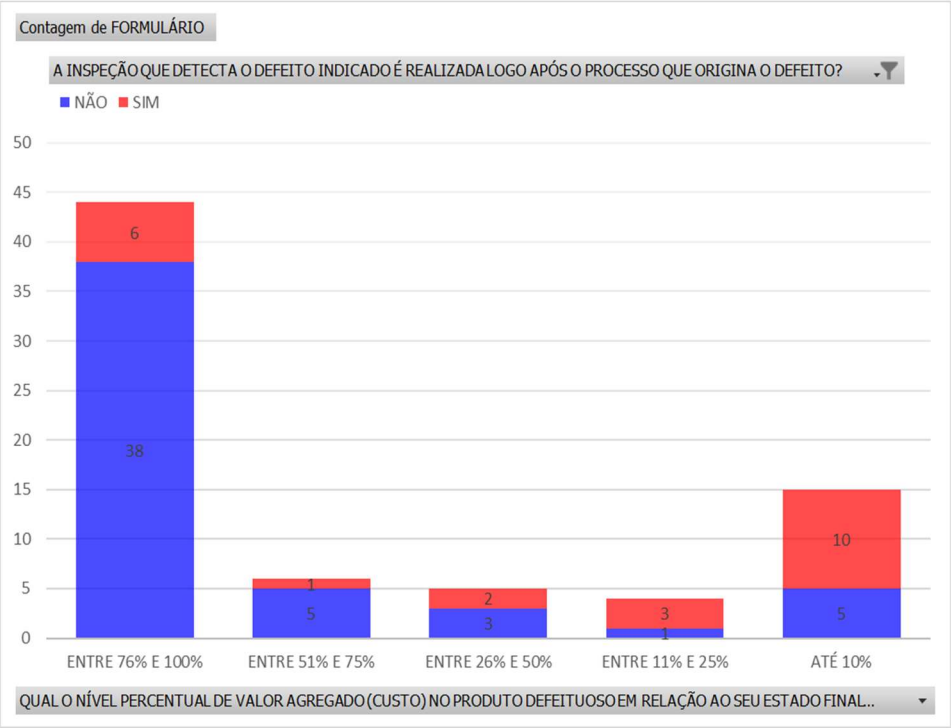


Figura 21 – Gráfico de análise das respostas à Questão 8 em relação à Questão 11

Análise dos resultados das respostas à Questão 11: O gráfico da Figura 22 apresenta os resultados das respostas à Questão 11 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 (“Qual destino é dado ao produto defeituoso?”), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- 80% dos casos analisados encontram-se nas faixas extremas, sendo 59% com valor agregado maior do que 75% e 21% com valor agregado até 10%;
- Nas faixas intermediárias (11%~25%; 26%~50%; e 51%~75%) 80% dos casos a decisão foi de descarte do produto defeituoso (12 dos 15 casos);
- Na faixa até 10%, houve equilíbrio entre descarte e retrabalho. No entanto, a hipótese de que em um baixo nível de valor agregado haveria correlação, a decisão de descarte não ocorreu em 9 casos. Entre estes, além de todas as condições favoráveis ao retrabalho (Questões 12, 13, 14, 15 e 18), verificou-se que na Questão 16, 4 respondentes definiram o descarte com custos elevados e 5 indicaram que os custos de descarte não foram avaliados (Questão 16). Dessa forma, conclui-se que nos 9 casos há determinada sistematização do retrabalho devido à baixa

complexidade e decisão predefinida (análise dos campos de defeito e produto defeituoso).

- A hipótese de que em um alto nível de valor agregado (entre 76% e 100% de valor agregado) haver correlação à decisão de retrabalho, não ocorreu em 15 casos. Em 13 dos 15 casos, o retrabalho não era possível pelos padrões de qualidade (Questão 12), em 1 caso não houve avaliação de retrabalho, e, em 1 caso havia política definida contra retrabalho, o que justifica a opção de descarte (Questões 12 e 18).
- Dos 29 casos de retrabalho com valor agregado entre 76% e 100%, 26 casos não havia fatores limitantes ao retrabalho (Questões 12, 13, 14, 15 e 18), combinado a custos elevados de descarte (Questão 16) o que justifica a decisão. É provável que os custos elevados de descarte estejam relacionados ao alto valor agregado. Então, 90% (26 de 29 casos) dos casos atende a hipótese da opção pelo retrabalho, quando há alto valor agregado no produto defeituoso.
- Dos 7 casos de descarte com valor agregado até 10%, em 6 casos não havia limitações técnicas ao retrabalho (Questões 12). Em 1 caso a política era limitante à realização do retrabalho (Questão 18), e, em 1 caso não houve avaliação para retrabalho, talvez justificada pelo baixo valor agregado (resposta de não sabe informar às Questões 12, 13, 14, 15 e 16). Quanto à comparação dos custos de descarte e retrabalho, houve equivalência nas respostas, pois quando apontado como elevado estavam os dois, quando razoáveis também estavam os dois. Apesar de 86% (6 em 7) dos casos atenderem a hipótese de que um baixo valor agregado do produto defeituoso favoreceu o descarte, não foi possível concluir pelos dados, que tal afirmativa está relacionada aos custos de descarte e retrabalho. Parece um caso intuitivo de decisão que considera tal hipótese válida.

Há indícios de que um alto valor agregado favorece o retrabalho, desde que outros fatores limitantes não estejam presentes na decisão.

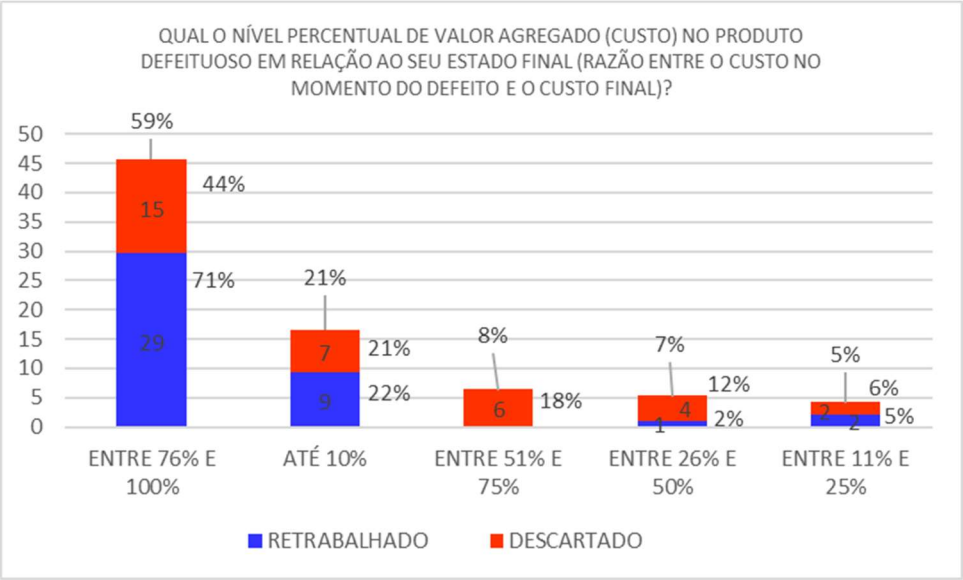


Figura 22 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 11 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

Análise dos resultados das respostas à Questão 17: O gráfico da Figura 23 apresenta os resultados das respostas à Questão 17 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 (“Qual destino é dado ao produto defeituoso?”), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- Dos 21 casos de descarte (70% da estratégia: 21 de 30 casos) com estratégia de previsão antecipada, em 11 casos o retrabalho não era possível (Questão 12), 6 casos não sabem informar ou não possuem os recursos para o retrabalho (Questão 15), 1 caso possui política contra o retrabalho (Questão 18) e 3 casos possuem custos de retrabalho e descarte equivalentes (Questão 13 e 16) com 10% de valor agregado (Questão 11). Então, 62% da destinação de descarte optaram pela estratégia de previsão antecipada em plano de produção, ou seja, a estratégia foi em função da destinação.
- Dos 17 casos de retrabalho com estratégia de regime extraordinário de trabalho (74% da estratégia: 17 de 23 casos), 15 casos indicaram custos de descarte elevados (Questão 16) e 2 casos não souberam informar os custos de descarte, sendo que não havia nos 17 casos limitações ao retrabalho das Questões 12, 13, 14 e 15. Cabe

acrescentar que dos 17 casos, 14 casos indicaram valor agregado entre 76% e 100% (Questão 11).

- Dos 14 casos de retrabalho (78%: 14 de 18 casos) indicaram não haver estratégia definida, 10 casos indicaram custos de descarte elevados (Questão 16), 3 casos não sabem informar os custos de descarte e 1 caso indicou valor agregado entre 76% e 100% (Questão 11), sendo que não havia nos 14 casos limitações ao retrabalho das Questões 12, 13, 14 e 15.

Verifica-se que a escolha da estratégia de reposição é consequência da decisão de destinação. Quando o descarte é sistematizado por limitações de outros fatores, coube uma estratégia de Previsão antecipada. Quando uma decisão de retrabalho prevaleceu, a estratégia adotada foi o regime extraordinário ou não havia estratégia definida.

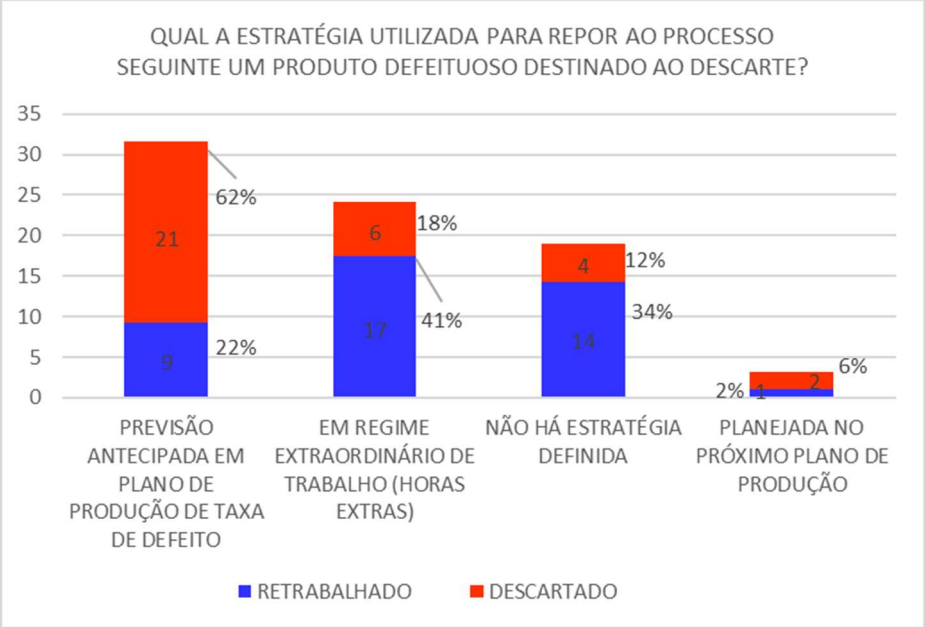


Figura 23 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 17 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

Análise dos resultados das respostas à Questão 18: O gráfico da Figura 24 apresenta os resultados das respostas à Questão 18 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 (“Qual destino é dado ao produto defeituoso?”), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- A maioria das indústrias pesquisadas não possuem política contra o retrabalho (65%), apesar de 35% possuírem.
- Dos 21 casos de descarte com política contra o retrabalho, 15 casos indicaram que o retrabalho não era possível (Questão 12) e 2 casos indicaram não possuírem os recursos para o retrabalho (Questão 15). Em 4 casos não havia limitações técnicas para o retrabalho (Questões 12 e 15) e certa equivalência entre os custos de retrabalho e descarte (Questões 13 e 16), sendo a política contra o retrabalho o único fator limitante. Então, em apenas 19% dos casos (4 de 21 casos) não possuíam outra limitação para realizar o descarte, além da política contra o retrabalho.
- Dos 5 casos de retrabalho com política contrária, nenhum possuía limitações ao retrabalho (Questões 12 e 15) e custos de retrabalho razoáveis (Questão 13), sendo que 3 casos indicaram custos de descarte elevados (Questão 16), 1 caso indicou custos de descarte razoáveis (equivalente ao retrabalho) e 1 caso não soube informar sobre os custos de descarte. Então, apesar de política contra o retrabalho, os custos sobrepuseram-se na decisão de destinação.

Não foi possível afirmar que a política contra o retrabalho existente inibiu o retrabalho, já que em 81% dos casos de descarte com política, havia outras limitações e 100% dos casos de retrabalho com política contrária os custos influenciaram a destinação.

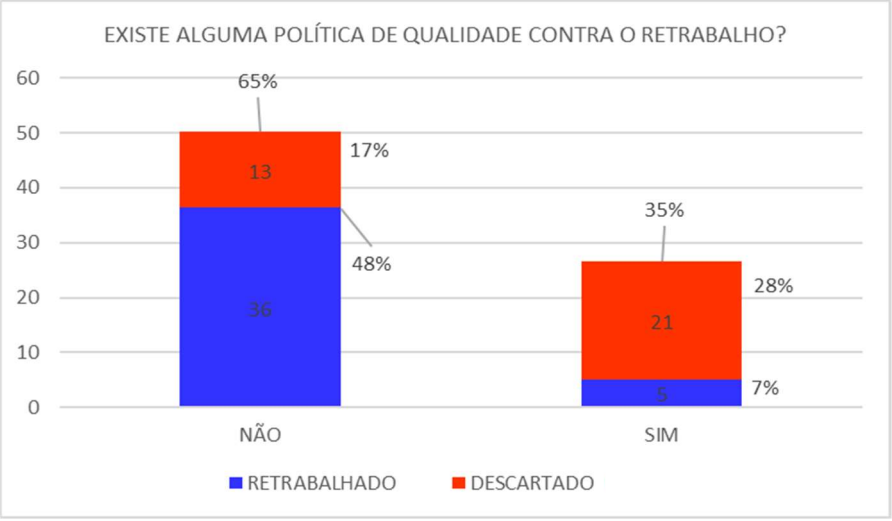


Figura 24 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 18 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

Análise dos resultados das respostas à Questão 19: O gráfico da Figura 25 apresenta os resultados das respostas à Questão 19 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 ("Qual destino é dado ao produto defeituoso?"), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- A maioria das indústrias pesquisadas possuem critérios definidos e claros para decidir sobre a destinação de produtos defeituosos (61%), apesar de 39% não possuírem.
- Dos 46 casos de existência de critérios definidos e claros para decidir, 26 casos (56%) indicaram destinação de retrabalho e em 20 casos (43%) indicou-se destinação de descarte. Dos 29 casos que indicaram não possuir critérios definidos e claros para decidir, 15 casos (51%) indicaram destinação de retrabalho e em 14 casos (48%) indicaram destinação de descarte. Então, verifica-se uma proporcionalidade equivalente das respostas em relação à decisão, já que no geral 55% dos casos são retrabalho e 45% são de descarte. Houve uma variação máxima de mais ou menos 4%.
- Mesmo os respondentes que indicaram não possuir critérios definidos e claros para decidir sobre a destinação, contabilizaram fatores na tomada de decisão (Questão 20).
- Os fatores de custos indiretos com análise e custos de retrabalho (Questão 20) apresentaram diferença maior a 25% para os respondentes que indicaram possuir critérios definidos e claros para decidir. Então, esses fatores são mais utilizados pelos respondentes que possuem critérios definidos e claros para decidir.
- Os fatores de satisfação do cliente e prazo de entrega (Questão 20) apresentaram diferença menor que 5% entre os respondentes que indicaram possuir e não possuir critérios definidos e claros para decidir. Então, esses fatores são utilizados igualmente pelos respondentes que possuem ou não critérios definidos e claros para decidir, inclusive são os mais contabilizados.
- Os fatores de tempo disponível para repor o produto ao processo seguinte e custos de descarte (Questão 20) apresentaram diferença invertida para maior entre os respondentes que indicaram não possuir critérios definidos e claros para decidir.

Então, esses fatores foram mais contabilizados pelos respondentes que não possuem critérios definidos e claros para decidir.

- Os fatores de custos de oportunidade perdida com multas ou juros contratuais, com perda de clientes e na utilização de recursos produtivos (Questão 20) apresentaram-se menores que 25% (18 de 75 casos) entre os respondentes que indicaram possuir e não possuir critérios definidos e claros para decidir conforme mostra. Então, esses fatores foram pouco contabilizados pelos respondentes, com alguma vantagem dos respondentes que indicaram possuir critérios definidos e claros para decidir, atingindo 39% nos custos com oportunidade perdida com multas ou juros contratuais.

Não há indícios de que a existência de critérios definidos e claros para decidir sobre a destinação de produtos defeituosos favorece uma das opções de destinação.

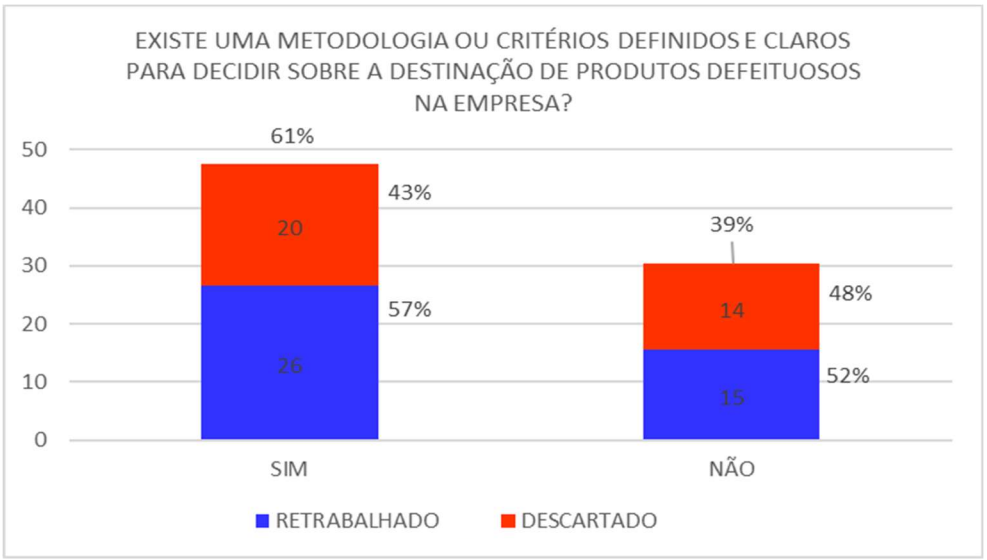


Figura 25 – Gráfico de análise quantitativa das respostas à Questão 19 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

Análise dos resultados das respostas à Questão 20: A Tabela 29 e o gráfico da Figura 26 apresentam os resultados das respostas à Questão 20 do Questionário de Pesquisa, em relação com a Questão 1 (“Qual destino é dado ao produto defeituoso?”), onde o respondente informa a destinação dada ao produto defeituoso (Retrabalho ou Descarte):

- A maioria das indústrias pesquisadas (entre 79% e 88%) indicou contabilizar na decisão os fatores de satisfação do cliente e prazo de entrega. Não houve correlação da contabilização dos fatores para uma das decisões.
- 76% dos respondentes que indicaram a decisão de descarte, indicaram contabilizar os fatores custos de descarte e tempo disponível para repor o produto ao processo seguinte na decisão. Os custos de descarte foram 27% mais contabilizados na decisão de descarte (76%) do que no retrabalho (49%). Então, há uma proporção alta a decisão de descarte nos que indicaram contabilizar o fator custos de descarte e razoável frequência de contabilização nos dois fatores (61% e 68%).
- 85% e 80% respectivamente dos respondentes que indicaram a decisão de descarte, indicaram contabilizar os fatores custos de retrabalho e o tempo disponível para o retrabalho na decisão. Estes fatores foram 67% e 54% mais contabilizados na decisão de retrabalho do que no descarte (26% e 18%). Então, há uma proporção altíssima a decisão de retrabalho nos que indicaram contabilizar esses fatores.

Tabela 29 - Resultado quantitativo das respostas à Questão 20 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

MARQUE OS FATORES NECESSÁRIOS E EFETIVAMENTE CONTABILIZADOS NESSA TOMADA DE DECISÃO:	**DESCARTADO**		**RETRABALHADO**		**Total**	**%**
SATISFAÇÃO DO CLIENTE	30	88%	36	88%	66	88%
PRAZOS DE ENTREGA	27	79%	33	80%	60	80%
TEMPO DISPONÍVEL PARA REPOR O PRODUTO AO PROCESSO SEGUINTE	26	76%	25	61%	51	68%
CUSTOS DE DESCARTE	26	76%	20	49%	46	61%
CUSTOS INDIRETOS COM ANÁLISE E AÇÕES ADMINISTRATIVAS DE APOIO	18	53%	24	59%	42	56%
TEMPO DISPONÍVEL PARA O RETRABALHO	9	26%	33	80%	42	56%
CUSTOS DE RETRABALHO	6	18%	35	85%	41	55%
CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA COM MULTAS OU JUROS CONTRATUAIS	12	35%	13	32%	25	33%
CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA COM PERDA DE CLIENTES	6	18%	5	12%	11	15%
CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA NA UTILIZAÇÃO DE RECURSOS PRODUTIVOS	2	6%	1	2%	3	4%
OUTROS	2	6%	1	2%	3	4%

- Os fatores de custos de oportunidade perdida (multas ou juros contratuais, perda de clientes e utilização de recursos produtivos) não apresentaram correlação significativa dos respondentes em relação a uma das decisões e mostraram baixa frequência de contabilização (33%, 15% e 4% respectivamente).

Há indícios de que a contabilização de alguns fatores na tomada de decisão favorece uma das opções de destinação.

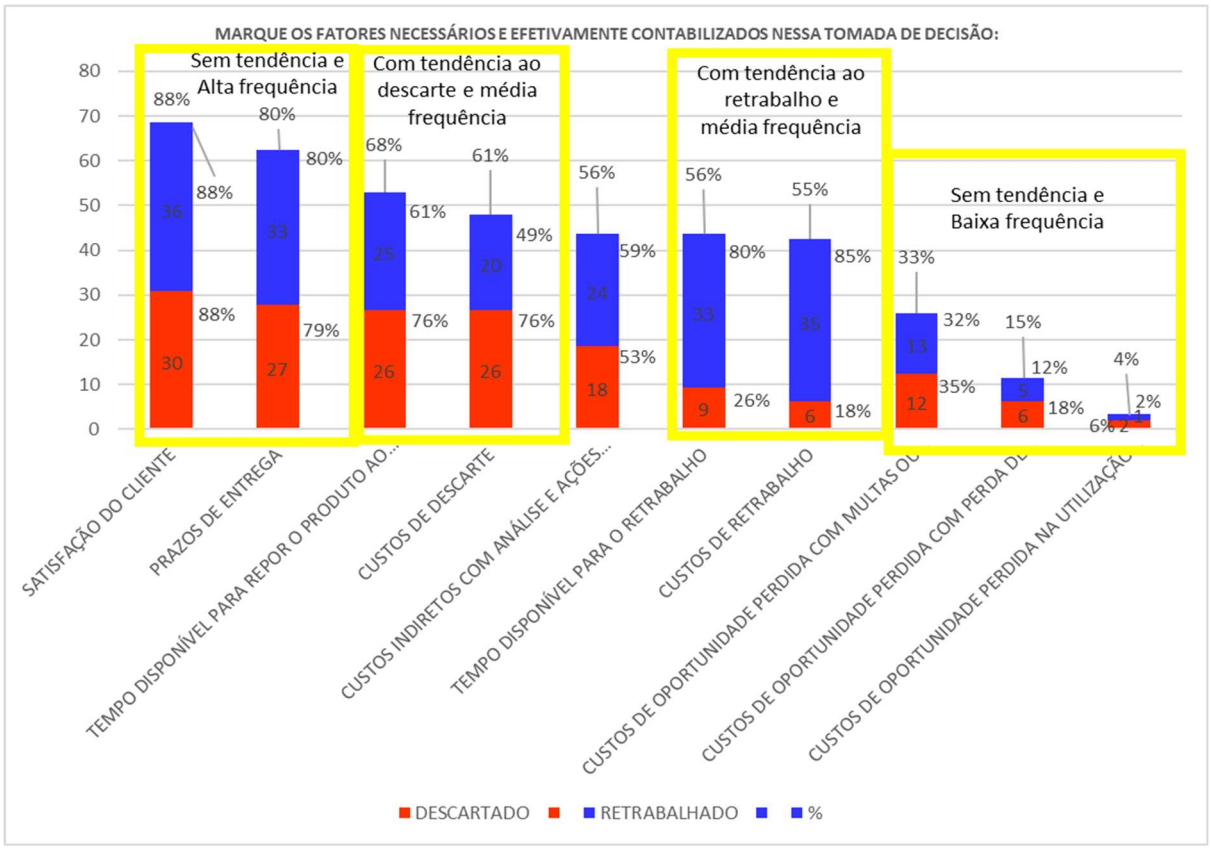


Figura 26 – Gráfico de análise perce ual das respos uestão 20 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

A Tabela 30 apresenta uma análise comparativa dos resultados das respostas, identificando correlações e níveis de frequência dos fatores. Em vermelho indica os fatores com correlação à decisão de descarte (custos de descarte e tempo disponível para repor o produto ao processo seguinte), e, em azul os fatores com correlação a decisão de retrabalho (custos de retrabalho e tempo disponível para o retrabalho).

Tabela 30 - Resultado da análise comparativa dos resultados da Questão 20 em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

Marque os factores necessários e efetivamente contabilizados nessa tomada de decisão:	**Descartado**	**Retrabalhado**	**Análise**	**Resultado**
SATISFAÇÃO DO CLIENTE	88%	88%	Não houve correlação da contabilização do fator para uma das decisões	Sem correlação de decisão e alta frequência de contabilização.
PRAZOS DE ENTREGA	79%	80%	Não houve correlação da contabilização do fator para uma das decisões (<5%)	Sem correlação de decisão e alta frequência de contabilização.
TEMPO DISPONÍVEL PARA REPOR O PRODUTO AO PROCESSO SEGUINTE	76%	61%	15% mais contabilizado na decisão de descarte.	Com alguma correlação à decisão de descarte e razoável frequência de contabilização.
CUSTOS DE DESCARTE	76%	49%	27% mais contabilizado na decisão de descarte.	Com alta correlação à decisão de descarte e razoável frequência de contabilização.
CUSTOS INDIRETOS COM ANÁLISE E AÇÕES ADMINISTRATIVAS DE APOIO	53%	59%	6% mais contabilizado na decisão de retrabalho.	Sem correlação significativa de decisão e razoável frequência de contabilização.
TEMPO DISPONÍVEL PARA O RETRABALHO	26%	80%	54% mais contabilizado na decisão de retrabalho.	Com altíssima correlação à decisão de retrabalho, alta frequência de contabilização no retrabalho e baixa frequência de contabilização no descarte.
CUSTOS DE RETRABALHO	18%	85%	67% mais contabilizado na decisão de retrabalho.	Com altíssima correlação à decisão de retrabalho, alta frequência de contabilização no retrabalho e baixa frequência de contabilização no descarte.
CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA COM MULTAS OU JUROS CONTRATUAIS	35%	32%	Não houve correlação da contabilização do fator para uma das decisões (<5%)	Sem correlação de decisão e baixa frequência de contabilização.
CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA COM PERDA DE CLIENTES	18%	12%	6% mais contabilizado na decisão de descarte.	Sem correlação significativa de decisão e baixa frequência de contabilização.
CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA NA UTILIZAÇÃO DE RECURSOS PRODUTIVOS	6%	2%	Contabilização menor do que 10% em ambas decisões	Sem correlação de decisão e baixíssima frequência de contabilização.

A Figura 27 apresenta um organograma onde se verifica a relação de correlação entre fatores contabilizados e a decisão de destinação, como resultado da análise apresentada na Tabela 30. Os custos e os tempo foram os fatores contabilizados com maior influência nas decisões. Os tempos tem impacto nos prazos e estes na satisfação do cliente. De forma geral e com base nos resultados, pode-se concluir que a satisfação do cliente é influenciada pelo atendimento do prazo de entrega, que por sua vez pode ser afetado pelo tempo disponível para realizar o retrabalho ou repor o item defeituosos, conforme mostra a hierarquia do organograma da Figura 27. Na cor amarela estão os critérios de decisão mais indicados na pesquisa, e, em azul e vermelho as decisões de destinação.



Figura 27 – Organograma de correlação na contabilização dos fatores em relação a decisão de destinação

4.5 Conclusões e considerações

A Tabela 31 mostra as conclusões verificadas a partir das análises das respostas às Questões em relação à destinação do produto defeituoso. Observa-se que os custos de retrabalho e descarte foram os mais expressivos em influenciar a destinação, desde que fatores limitantes como os padrões de qualidade e a existência de recursos não estivessem presentes.

Tabela 31 – Conclusão - Questões em relação à destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

QUESTÃO	CONCLUSÃO
2	Não é possível concluir se o histórico ou a análise de causa favorece uma das opções de destinação.
4	Não é possível concluir se um grupo específico favorece uma das opções de destinação.
6	Não é possível concluir se o tipo de detecção favorece uma das opções de destinação.
7	Não é possível concluir se o tipo de inspeção favorece uma das opções de destinação.
8	Não é possível concluir se o ponto de inspeção favorece uma das opções de destinação. Entretanto, existe uma relação com o aumento do valor agregado.
11	Há indícios de que um alto valor agregado favorece o retrabalho, desde que outros fatores limitantes não estejam presentes na decisão.
12	Em 33% dos casos a qualidade foi uma limitação a decisão de retrabalho, atendendo um pressuposto da pesquisa.
13	Há indícios de que os custos de retrabalho favorecem uma das opções de destinação, desde que outros fatores limitantes não estejam presentes na decisão.
14	Há indícios de que os tempos de retrabalho são diretamente proporcionais aos custos de retrabalho e favorecem uma das opções de destinação, desde que outros fatores limitantes não estejam presentes na decisão.
15	Em 17% dos casos a não existência de recursos e métodos para o retrabalho foi uma limitação à decisão de retrabalho.
16	Há indícios de que os custos de descarte favorecem uma das opções de destinação, desde que outros fatores limitantes não estejam presentes na decisão.
17	Verifica-se que a escolha da estratégia de reposição é consequência da decisão de destinação. Quando o descarte é sistematizado por limitações de outros fatores, coube uma estratégia de Previsão antecipada. Quando uma decisão de retrabalho prevaleceu, a estratégia adotada foi o regime extraordinário ou não havia estratégia definida.
18	Não foi possível afirmar que a política contra o retrabalho existente inibiu o retrabalho, já que em 81% dos casos de descarte com política havia outras limitações e 100% dos casos de retrabalho com política contrária, os custos influenciaram a destinação.
19	Não há indícios de que a existência de critérios definidos e claros para decidir sobre a destinação de produtos defeituosos favorece uma das opções de destinação.
20	Há indícios de que a contabilização de alguns fatores na tomada de decisão favorece uma das opções de destinação. De forma geral, os custos de retrabalho e descarte, e, o tempo disponível para o retrabalho e a reposição foram os fatores contabilizados com maior influência nas decisões. Os tempos tem impacto nos prazos e estes na satisfação do cliente.

A Tabela 32 apresenta o resumo da análise quantitativa dos dados de respostas apresentadas nos tópicos anteriores.

Tabela 32 - Resumo da análise dos dados de resposta às Questões em relação a destinação de retrabalho e descarte (Questão 1)

ITEM		RETRABALHADO		DESCARTADO	
		Quant.	%	Quant.	%
1	**QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO?**	41	55%	34	45%
2	**CLASSIFIQUE O TIPO DE DEFEITO INDICADO?**	**RETRABALHADO**		**DESCARTADO**	
	COM HISTÓRICO OU COM ANÁLISE DE CAUSA	39	95%	33	97%
	NOVO OU SEM ANÁLISE DE CAUSA	1	2%	1	3%
	OUTRO	1	2%	0	0%
6	**COMO É DETECTADO O PRODUTO DEFEITUOSO?**	**RETRABALHADO**		**DESCARTADO**	
	INSPEÇÃO REALIZADA POR FUNCIONÁRIO (DEPENDE DE PERCEPÇÃO HUMANA)	34	83%	22	65%
	INSPEÇÃO AUTOMÁTICA (NÃO DEPENDE DA PERCEPÇÃO HUMANA)	7	17%	12	35%
7	**QUAL TIPO DE INSPEÇÃO?**	**RETRABALHADO**		**DESCARTADO**	
	100% DOS PRODUTOS	38	93%	24	71%
	AMOSTRAL	3	7%	10	29%
8	**A INSPEÇÃO QUE DETECTA O DEFEITO INDICADO É REALIZADA LOGO APÓS O PROCESSO QUE ORIGINA O DEFEITO?**	**RETRABALHADO**		**DESCARTADO**	
	NÃO	29	71%	23	68%
	SIM	11	27%	11	32%
	OUTRO	1	2%	0	0%
11	**QUAL O NÍVEL PERCENTUAL DE VALOR AGREGADO (CUSTO) NO PRODUTO DEFEITUOSO EM RELAÇÃO AO SEU ESTADO FINAL (RAZÃO ENTRE O CUSTO NO MOMENTO DO DEFEITO E O CUSTO FINAL)?**	**RETRABALHADO**		**DESCARTADO**	
	ENTRE 76% E 100%	29	71%	15	44%
	ATÉ 10%	9	22%	7	21%
	ENTRE 51% E 75%	0	0%	6	18%
	ENTRE 26% E 50%	1	2%	4	12%
	ENTRE 11% E 25%	2	5%	2	6%
12	**O RETRABALHO DESSE DEFEITO É POSSÍVEL PELAS ESPECIFICIDADES TÉCNICAS OU PADRÕES DE QUALIDADE?**	**RETRABALHADO**		**DESCARTADO**	
	SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	40	98%	9	26%
	NÃO, BASEADO EM AVALIAÇÃO	0	0%	20	59%
	NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO	1	2%	5	15%

13	**QUANTO AOS CUSTOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:**	**RETRABALHADO**		**DESCARTADO**	
	SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO	37	90%	8	24%
	NÃO SABE INFORMAR, POIS NÃO FORAM AVALIADOS OU COMPARADOS	0	0%	20	59%
	OUTRA SITUAÇÃO	4	10%	2	6%
	SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	0	0%	4	12%
14	**QUANTO AOS TEMPOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:**	**RETRABALHADO**		**DESCARTADO**	
	SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO	39	95%	9	26%
	NÃO SABE INFORMAR, POIS NÃO FORAM AVALIADOS OU COMPARADOS	0	0%	19	56%
	SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	0	0%	4	12%
	OUTRA SITUAÇÃO	2	5%	2	6%
15	**A EMPRESA POSSUI OS RECURSOS E MÉTODOS PARA O RETRABALHO?**	**RETRABALHADO**		**DESCARTADO**	
	SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	40	98%	7	21%
	NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO	1	2%	13	38%
	NÃO, BASEADO EM AVALIAÇÃO	0	0%	13	38%
	OUTRA SITUAÇÃO	0	0%	1	3%
16	**QUANTO AOS CUSTOS DE DESCARTE DESSE PRODUTO DEFEITUOSO:**	**RETRABALHADO**		**DESCARTADO**	
	SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	31	76%	3	9%
	SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO	4	10%	20	59%
	NÃO SABE INFORMAR, POIS NÃO FORAM AVALIADOS OU COMPARADOS	6	15%	3	9%
	OUTRA SITUAÇÃO	0	0%	8	24%
17	**QUAL A ESTRATÉGIA UTILIZADA PARA REPOR AO PROCESSO SEGUINTE UM PRODUTO DEFEITUOSO DESTINADO AO DESCARTE?**	**RETRABALHADO**		**DESCARTADO**	
	PREVISÃO ANTECIPADA EM PLANO DE PRODUÇÃO DE TAXA DE DEFEITO	9	22%	21	62%
	EM REGIME EXTRAORDINÁRIO DE TRABALHO (HORAS EXTRAS)	17	41%	6	18%
	NÃO HÁ ESTRATÉGIA DEFINIDA	14	34%	4	12%
	PLANEADA NO PRÓXIMO PLANO DE PRODUÇÃO	1	2%	2	6%
	OUTRA SITUAÇÃO	0	0%	1	3%
18	**EXISTE ALGUMA POLÍTICA DE QUALIDADE CONTRA O RETRABALHO?**	**RETRABALHADO**		**DESCARTADO**	
	NÃO	36	88%	13	38%
	SIM	5	12%	21	62%
19	**EXISTE UMA METODOLOGIA OU CRITÉRIOS DEFINIDOS E CLAROS PARA DECIDIR SOBRE A DESTINAÇÃO DE PRODUTOS DEFEITUOSOS NA EMPRESA?**	**RETRABALHADO**		**DESCARTADO**	
	SIM	26	63%	20	59%
	NÃO	15	37%	14	41%

A Figura 28 expressa o padrão de respostas que predominou na destinação de retrabalho, elaborado utilizando os dados da Tabela 32. Verifica-se concordância com pressupostos teóricos e a influência da qualidade, da produtividade e dos custos nas práticas das indústrias.

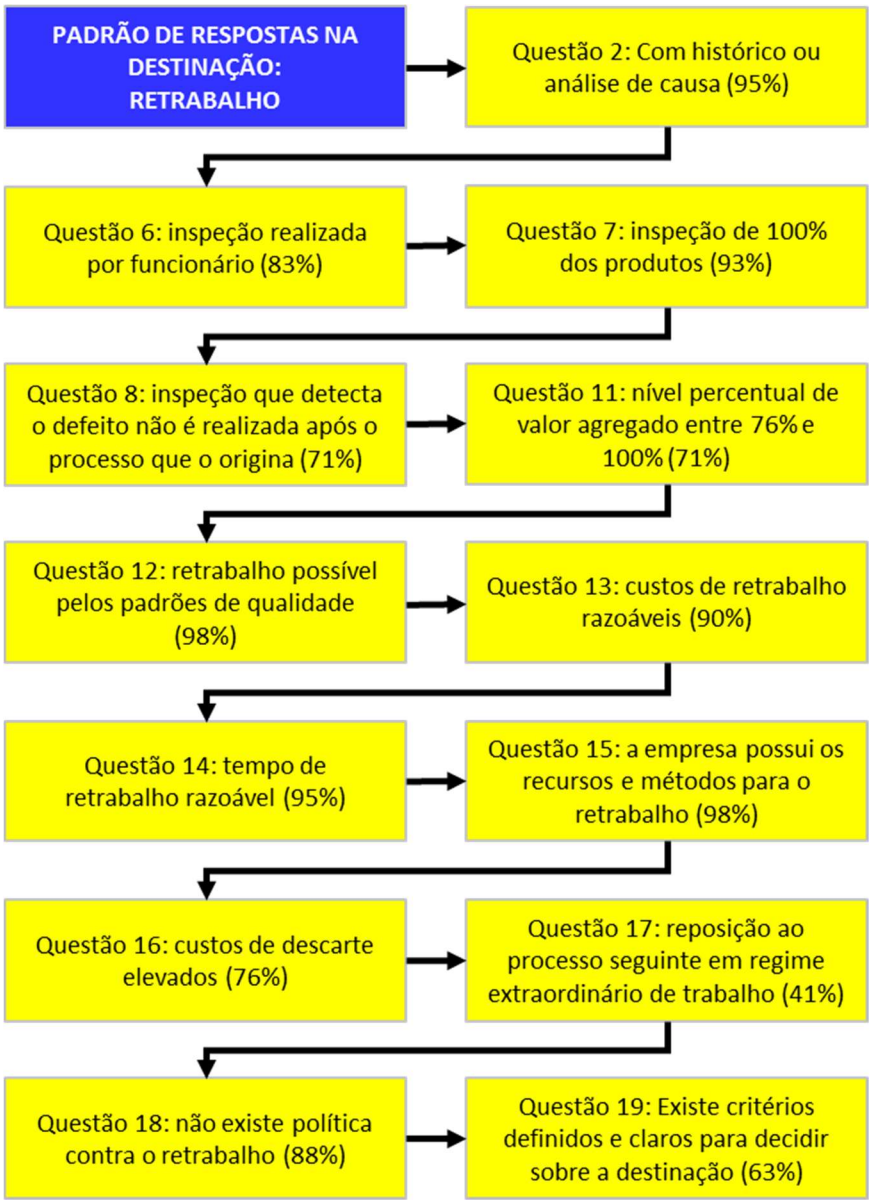


Figura 28 – Representação gráfica do padrão de respostas na destinação retrabalho

A Figura 29 expressa o padrão de respostas que predominou na destinação de descarte, elaborado utilizando os dados da Tabela 32. Verifica-se concordância com pressupostos

teóricos e a influência da qualidade, da produtividade e dos custos nas práticas das indústrias.

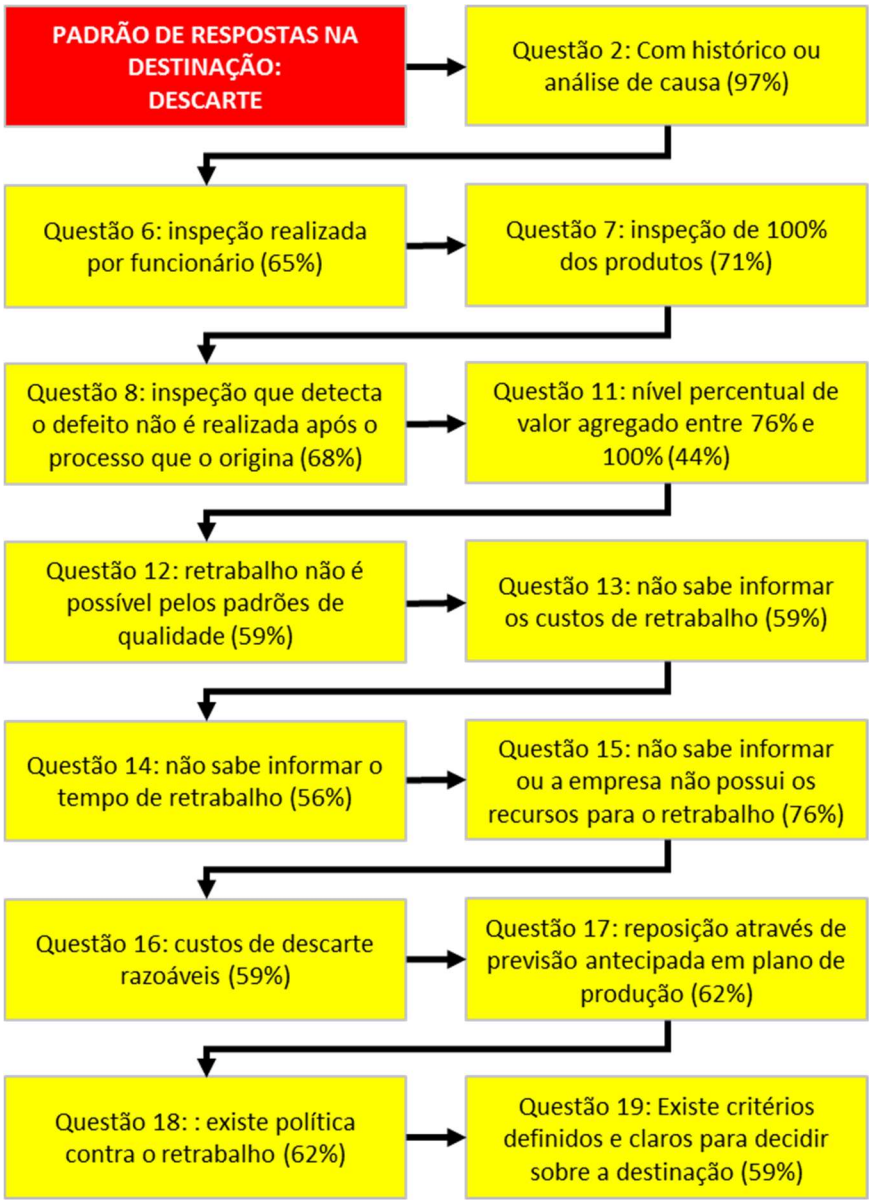


Figura 29 – Representação gráfica do padrão de respostas na destinação descarte

Ao relacionar os objetivos e aspectos teóricos envolvidos na elaboração de cada Questão do Questionário de Pesquisa com as questões de investigação, com os objetivos específicos de investigação e com as conclusões apresentadas na Tabela 33, é possível identificar as hipóteses validadas (10 hipóteses), as hipóteses a testar (5 hipóteses) e os requisitos (11

requisitos) pretendidos pelo Modelo de Decisão. As hipóteses a testar (5 hipóteses) e os requisitos (11 requisitos) relacionados serão perseguidos na elaboração e testagem do Modelo (capítulos seguintes: 4 e 5). Outras hipóteses e requisitos podem ser identificados durante o desenvolvimento e testagem do Modelo.

Tabela 33 – Relação entre Questão, hipótese validada, novo pressuposto e requisito do modelo

Questão	Hipótese validada	Novo pressuposto	Requisito do Modelo
1	O destino que as indústrias de produção em massa no segmento de moto peças dão aos produtos acabados, produtos intermediários, subprodutos e componentes defeituosos são o retrabalho ou descarte.	É possível definir um sistema de apoio à decisão relativamente à destinação de produtos defeituosos, propondo um modelo sistemático de decisão.	O modelo deve comparar as opções de retrabalho e descarte, e, identificar a melhor decisão.
2	Não houve.	Defeito novo requer análise para a decisão. A análise do defeito provoca efeitos na produtividade e no custo da qualidade.	(O pressuposto da qualidade do retrabalho é garantido pela análise do defeito ou histórico existente.) Identificar e contabilizar os efeitos da análise do defeito novo na produtividade e nos custos da qualidade.
7	Não houve.	Inspeção amostral pode requerer reinspeção ou seleção de itens defeituosos de um lote. A reinspeção provoca efeitos na produtividade e nos custos da qualidade.	Identificar e contabilizar os efeitos da reinspeção na produtividade e nos custos da qualidade.
11	O valor agregado do item defeituoso deve ser considerado como critério na decisão de destinação.	Não há.	Identificar e contabilizar a quantidade de itens defeituosos e os respectivos efeitos na produtividade e nos custos da qualidade.
12	A qualidade requerida é um pressuposto para a realização do retrabalho.	Não há.	Comparar as opções de retrabalho e descarte somente se o retrabalho atingir o nível de qualidade requerida.

Questão	Hipótese validada	Novo pressuposto	Requisito do Modelo
13	Os custos com retrabalho do item defeituoso devem ser considerados como critério na decisão de destinação.	Não há.	Identificar e contabilizar os custos com retrabalho de itens defeituosos.
14	O tempo de retrabalho do item defeituoso deve ser considerado na decisão de destinação.	Não há.	Identificar e contabilizar o tempo de retrabalho e os respectivos efeitos nos custos da qualidade.
15	A necessidade de aquisição de recursos ou o desenvolvimento de métodos para o retrabalho deve ser considerado na decisão de destinação.	Não há.	Identificar e contabilizar o aumento na utilização de recursos e os respectivos efeitos nos custos da qualidade.
16	Os custos de descarte do item defeituoso devem ser considerados na decisão de destinação.	Não há.	Identificar e contabilizar os custos com descarte de itens defeituosos.
17	A estratégia de reposição não influencia na decisão de destinação, mas minimiza efeitos negativos na produtividade e no custo.	Uma estratégia de reposição pode ser realizada juntamente com uma decisão de retrabalho e obrigatoriamente em uma decisão de descarte.	Identificar e contabilizar os efeitos na produtividade e nos custos da qualidade.
18	As Políticas de qualidade não influenciam de forma determinante na decisão de destinação de itens defeituosos. Entretanto, existe alguma política contra o retrabalho.	Não há.	Permitir a adição de outros efeitos específicos não incluídos ou previstos inicialmente no sistema de apoio à decisão.
19	Algumas empresas não usam metodologias ou critérios definidos e claros para decidir sobre a destinação de itens defeituosos.	Não há.	Melhorar o processo de tomada de decisão relativamente à destinação de produtos defeituosos.
20	Os custos de retrabalho e descarte, o tempo disponível para o retrabalho e as condições de reposição do item defeituoso devem ser considerados na decisão de destinação.	Defeitos promovem efeitos na qualidade e na produtividade que aumentam os custos da qualidade com falha, avaliação e oportunidade perdida.	Identificar, contabilizar e comparar os custos com descarte, retrabalho e reposição de itens defeituosos.

5. DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE DECISÃO

Este capítulo apresenta o desenvolvimento de um modelo de apoio à tomada de decisão, quanto ao retrabalho de produtos defeituosos, que considera três opções de decisão: descarte; retrabalho com reposição; e retrabalho sem reposição. No desenvolvimento do modelo, são identificadas 8 etapas representadas por decisões objetivas. Relacionado com as 8 etapas, estão 12 ações, 8 efeitos na qualidade, 15 efeitos na produtividade e 19 efeitos no custo, que são caracterizados como aumento nos custos da qualidade com falha, avaliação e oportunidade perdida. Este aumento nos custos da qualidade é o resultado das decisões, factos, ações e efeitos, na qualidade e produtividade. Então, o modelo faz essa relação sistemática, para identificar os diferentes aumentos nos custos da qualidade, e, utilizá-los como critério de decisão.

Este capítulo está organizado da seguinte forma:

5.1 Apresenta as definições, pressupostos e efeitos relativos ao Modelo de Decisão;

5.2 Apresenta o Fluxo da Análise de Decisão, caracterizando ações e efeitos de cada facto ou decisão;

5.3 Apresenta o desenvolvimento da árvore de decisão, com o esboço da estruturação do problema de decisão, relacionando os critérios de cada caminho. A modelagem da decisão é apresentada no *software* PrecisionTree com um formato para inserção dos dados;

5.4 Apresenta as conclusões e considerações ao capítulo.

5.1 Definições, pressupostos e efeitos relativos ao modelo de decisão

Atividades planeadas de inspeção são pontos de controle na manufatura com o objetivo de manter os níveis de qualidade requerida pelos clientes internos e externos. Entretanto, a identificação de itens defeituosos produz efeitos na qualidade e produtividade, aumentando os custos da qualidade e consequentemente o custo unitário de produção. O aumento nos custos da qualidade é o resultado da identificação de itens defeituosos, e respectivos efeitos na qualidade (diretamente) e na produtividade (indiretamente).

O aumento não planeado de qualquer fator indiretamente relacionado à falha, como o aumento no tempo de entrega, pode incidir em custos de oportunidade perdida por não se fazer correto na primeira vez. Paragens produtivas, não atendimento de planos de produção, atrasos em entregas a clientes externos, insatisfação de clientes, multas, quebras de contrato ou perda de vendas são exemplos de efeitos com custos associados. Muitas vezes, esses custos de oportunidade perdida são difíceis de mensurar ou estimar. Isto torna ainda mais complexa a tomada de decisão que minimize o aumento desses custos na destinação de produtos defeituosos.

Além dos efeitos diretos na qualidade, as ações de descartar, repor e retrabalhar requerem planeamento que defina controles, métodos de execução, *setups* e ajustes, com impacto direto sobre a produtividade (aumento dos tempos, indisponibilidade e utilização de recursos e matérias primas). Esses efeitos na produtividade podem promover um aumento do custo. O objetivo de qualquer empresa deve ser o mínimo aumento nos efeitos, considerando a manutenção dos níveis de qualidade requerida. O planeamento de ações dentro de um processo sistemático de tomada de decisão que analisa, contabiliza e compara os efeitos, deve minimizar os custos da qualidade, principalmente ligados a falhas.

Para desenvolver o modelo de decisão consideraram-se as seguintes definições:

- ✓ Descartar um item defeituoso consiste em sucatear total ou parcialmente, reaproveitar como resíduo ou refugo. Isso ocorre mesmo na venda do item defeituoso por valor menor do que o investido (configurando perda financeira).
- ✓ Repor um item defeituoso consiste em planear a produção de um novo item, a fim de atender as necessidades quantitativas de itens nos processos seguintes, considerando clientes internos e externos.
- ✓ Retrabalhar consiste em restabelecer excepcionalmente uma ou várias características ou requisitos de um item defeituoso, não atendidos dentro do fluxo produtivo planeado inicialmente.

Para desenvolver o Modelo de Decisão, consideraram-se os seguintes pressupostos:

- ✓ Os itens defeituosos devem ser segregados (retirados do fluxo produtivo planeado) para que as decisões sejam tomadas e as ações sejam planeadas e executadas. As

decisões devem ser baseadas em factos, dados e evidências existentes na empresa. As decisões e ações visam promover o menor custo e a qualidade.

- ✓ Com base no conhecimento da empresa, deve-se estimar se o retrabalho suposto pode atingir o nível de qualidade requerida pelo planeamento da qualidade.
- ✓ As decisões e factos são definidos baseadas em perguntas chave no processo de identificação dos factos evidenciados e consequentemente dos efeitos e custos relacionados a cada opção (Sim ou Não).
- ✓ As ações definidas são consequência do facto ou decisão.
- ✓ As Etapas 1, 3, e 4, referidas respectivamente nas Seções 5.3.1, 5.3.3 e 5.3.4 e no Fluxo de Análise da Decisão (Figura 30), têm ações, efeitos e critérios identificados e contabilizados conforme informação do facto, expressa pela pergunta que a identifica.
- ✓ A Etapa 2 (Necessário reinspeção ou seleção de itens defeituosos?), referida na Seção 5.3.2 e no Fluxo de Análise da Decisão (Figura 30), têm ações, efeitos e critérios identificados e contabilizados conforme decisão específica do decisor que expressa sua estratégia, ou seja, não há influência direta do Modelo de Decisão proposto.
- ✓ As decisões "Retrabalhar?" (Seção 5.3.5 - Etapa 5 do Fluxo de Análise da Decisão) e "Retrabalhar com reposição?" (Seção 5.3.6 – Etapa 6 do Fluxo de Análise da Decisão) são obtidas através do Modelo de Decisão, considerando os critérios de custo identificados nas Etapas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Três opções são possíveis: descarte, retrabalho com reposição ou retrabalho sem reposição. O Modelo seleciona a opção que promova o menor custo e a qualidade a partir da comparação dos valores resultantes entre as 3 opções. Os valores finais de cada opção são o resultado das combinações do factos, decisões, ações e efeitos. A manutenção do nível de qualidade requerida é garantida pela pergunta "Retrabalho atinge nível de qualidade requerida?", que exclui as opções de retrabalho quando a resposta for "Não". A minimização dos custos é garantida pela comparação dos valores resultantes entre os caminhos e respectivas alternativas de decisão. Os valores resultantes das alternativas é obtido pela soma das variáveis de custos da qualidade no respectivo caminho (ramo) da Árvore de Decisão da Figura 31.

- ✓ Os critérios de decisão são baseados nos custos da qualidade.
- ✓ As etapas 7 (Seção 5.3.7) e 8 (Seção 5.3.8), referidas no Fluxo de Análise de Decisão, são complementares ao processo de decisão estabelecido no Fluxo da Análise de Decisão (Seção 5.3) e devem auxiliar em decisões posteriores referentes a problemas similares.
- ✓ Uma árvore de decisão deve auxiliar na contabilização e comparação dos agrupamentos de valores totais dos critérios de custos da qualidade.
- ✓ Valores médios e intervalos são permitidos na iteração e análise de decisão do modelo.
- ✓ O modelo é indicado para aplicação na produção industrial de larga escala de produtos e processos padronizados, incluindo controle de qualidade e inspeções.

Para desenvolver o modelo de decisão consideraram-se os seguintes efeitos:

- ✓ A identificação de itens defeituosos pode comprometer o planeamento produtivo inicial, promovendo efeitos na qualidade. Os efeitos na qualidade são caracterizados pelo aumento ou atualização das quantidades de itens envolvidos e outros específicos que se queira incluir:
    - Aumento ou atualização de itens defeituosos;
    - Aumento nos itens para descarte;
    - Aumento nos itens para reposição;
    - Aumento nos itens para o retrabalho;
    - Outros aumentos no descarte (utilizado somente quando julgado necessário, para incluir aspecto não contemplado);
    - Outros aumentos no retrabalho com reposição (utilizado somente quando julgado necessário, para incluir aspecto não contemplado);
    - Outros aumentos no retrabalho sem reposição (utilizado somente quando julgado necessário, para incluir aspecto não contemplado).
- ✓ A identificação de itens defeituosos pode comprometer o planeamento produtivo inicial, com efeitos na produtividade. Os efeitos na produtividade são caracterizados

pelo aumento ou atualização de tempos e maior utilização de recursos envolvidos nas ações:

- Reinspeção;
- Análise de melhorias;
- Descarte;
- Reposição;
- Retrabalho (com/sem reposição).

✓ As ações de descarte aumentam o risco de impacto ambiental ou infração da legislação.

✓ Os efeitos na qualidade e produtividade estão relacionados e são identificados por cada facto ou decisão.

✓ Os efeitos nos custos estão relacionados e são identificados como consequência dos efeitos na qualidade e produtividade.

✓ Os efeitos nos custos são caracterizados pelo aumento ou atualização nos custos da qualidade em 3 categorias: Falha, Avaliação e Oportunidade.

✓ O aumento ou atualização nos custos da qualidade com falhas são consequência dos seguintes efeitos (efeitos na qualidade):

- Aumento/atualização de itens defeituosos;
- Aumento de itens para descarte;
- Aumento de itens para o retrabalho e na utilização de recursos pelo retrabalho;
- Outros aumentos específicos no descarte, retrabalho com e sem reposição.

✓ O aumento nos custos da qualidade com avaliação são consequência dos seguintes efeitos (efeitos na produtividade):

- Aumento no tempo de inspeção;
- Aumento no tempo de análise de melhorias.

- ✓ O aumento ou atualização nos custos da qualidade com oportunidade são consequência dos seguintes efeitos:
    - Aumento/atualização no tempo de entrega pela reposição;
    - Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reinspeção ;
    - Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na análise;
    - Aumento na utilização de recursos pelo descarte;
    - Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte;
    - Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte;
    - Aumento na utilização de recursos na reposição;
    - Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição;
    - Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho com reposição;
    - Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho sem reposição;
    - Aumento no tempo de reposição pelo retrabalho;
    - Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho com reposição;
    - Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho sem reposição;
    - Outros aumentos no descarte;
    - Outros aumentos no retrabalho com reposição;
    - Outros aumentos no retrabalho sem reposição.
- ✓ Os valores correspondentes aos efeitos na produtividade (tempos) e custos podem ser contabilizados por unidade ou pelo montante de itens defeituosos.

5.2 Fluxo da Análise de Decisão

A Figura 30 apresenta o Fluxo da Análise de Decisão, desenvolvido para o apoio à tomada de decisão quanto ao retrabalho de produtos defeituosos. A análise considera, numa determinada etapa do processo produtivo, três opções de decisão: descarte; retrabalho com reposição; e retrabalho sem reposição.

No desenvolvimento do Modelo de Decisão, representado inicialmente pelo Fluxograma da Figura 30, foram identificadas 8 etapas representadas por perguntas objetivas de factos ou decisões, 12 ações, 8 efeitos na qualidade, 15 efeitos na produtividade e 19 efeitos nos custos da qualidade.

Os efeitos na qualidade são caracterizados pelo aumento ou atualização (caso de reinspeção) da quantidade de itens defeituosos, do aumento da quantidade para descarte, do aumento da quantidade para reposição e do aumento da quantidade para retrabalho.

Os efeitos na produtividade são caracterizados pelo aumento no tempo das atividades, aumento no tempo de indisponibilidade de recursos, aumento no risco ou aumento na utilização de recursos relacionado à respectiva ação.

Os efeitos no custo são caracterizados como aumento nos custos da qualidade com falha, avaliação e oportunidade perdida.

O Modelo relaciona as decisões, com ações e custos e utiliza-os como critério de decisão. O início do Fluxo corresponde a um ponto de inspeção na manufatura e deve seguir até uma das quatro ações de fim de fluxo:

1) Não havendo item defeituoso o fluxo segue ao processo seguinte sem qualquer efeito na qualidade, produtividade ou custo;

2) Quando uma análise prévia define que o retrabalhado não atinge o nível de qualidade requerida, então, o Fluxo finaliza com as ações de descartar e repor;

3) Quando após o retrabalho, se verifica que o item defeituoso atingiu a qualidade requerida, então, o item retrabalhado é enviado ao processo seguinte;

4) Quando após o retrabalho, se verifica que o item defeituoso não atingiu a qualidade requerida, então, o item defeituoso é envido ao descarte.

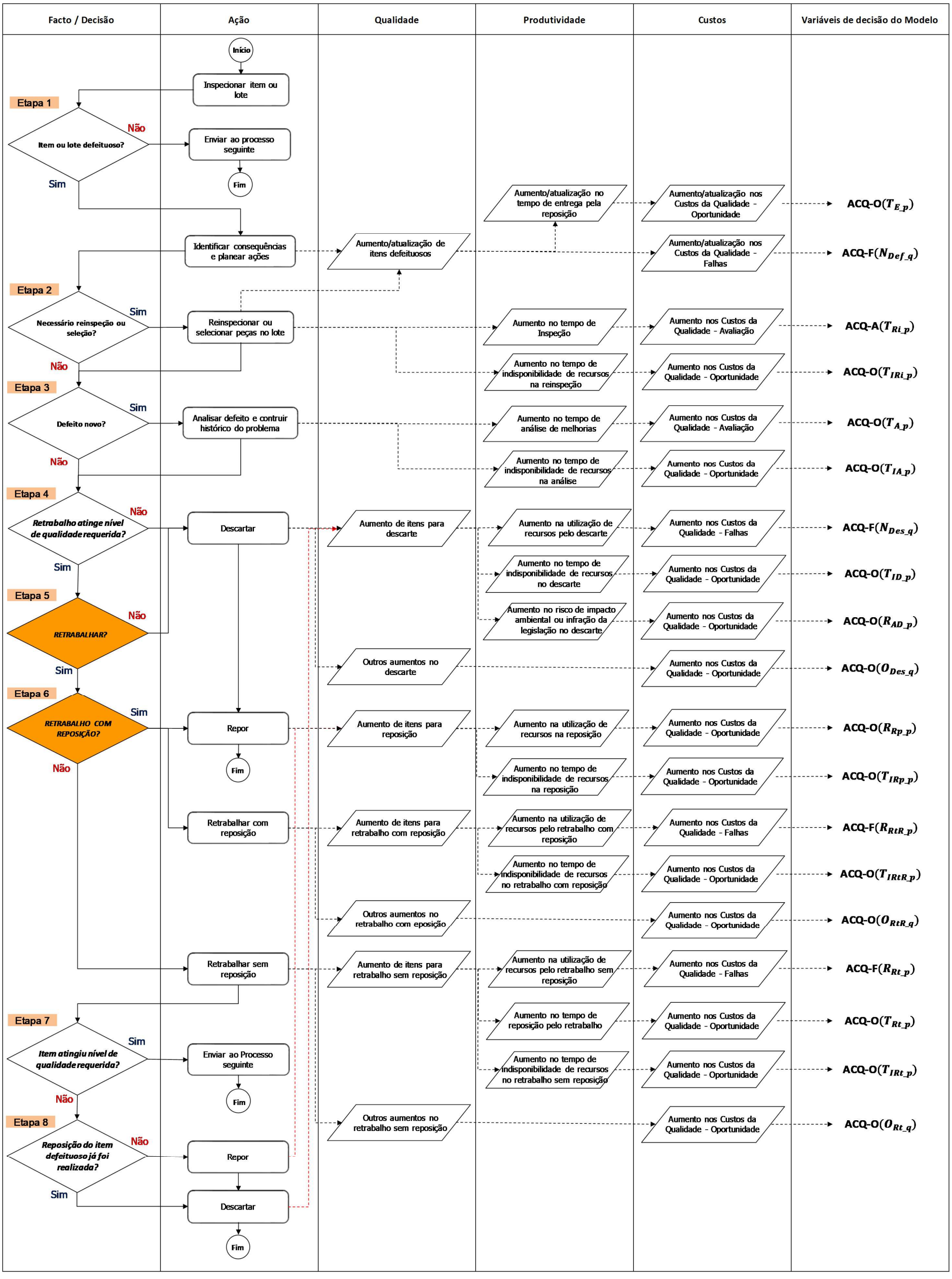


Figura 30 – Fluxograma da análise de decisão

O processo decisório consiste na contabilização dos diferentes custos indicados a partir da identificação dos efeitos na qualidade e produtividade, considerando o caminho percorrido pelo fluxo de decisões e ações, apresentados na Figura 30. A contabilização dos custos permite a comparação entre os diferentes caminhos do fluxo, a fim de identificar a decisão que minimize os custos e mantenha o nível de qualidade requerida. Nesse aspecto, o Modelo de Decisão permite que as decisões “Retrabalhar?” e “Retrabalho com reposição?” (identificadas na cor laranja e na coluna da direita) sejam identificadas pelas comparações possíveis. As demais decisões são resultado de constatações e devem ser inseridas no Modelo de Decisão, conforme verificadas, apesar de hipóteses serem permitidas com o objetivo de comparar outros resultados.

No Fluxograma da Figura 30, as linhas pontilhadas representam o fluxo de informações para o processo de decisão. Os custos da qualidade estão identificados através de um código que indica os efeitos relacionados com ele da seguinte forma:

a) ACQ = Aumento nos Custos da Qualidade;

b) -O = Oportunidade;

c) -F = Falha;

d) -A = Avaliação;

e) (T_{E_p}) = Tempo de entrega pela reposição (efeito na produtividade);

f) (N_{Def_q}) = Itens defeituosos (efeito na qualidade);

g) (T_{Ri_p}) = Tempo de Reinspeção (efeito na produtividade);

h) (T_{IRi_p}) = Tempo de indisponibilidade de recursos na reinspeção (efeito na produtividade);

i) (T_{A_p}) = Tempo de análise de melhorias (efeito na produtividade);

j) (T_{IA_p}) = Tempo de indisponibilidade de recursos na análise (efeito na produtividade);

k) (N_{Des_q}) = Itens para descarte (efeito na qualidade) e utilização de recursos pelo descarte (efeito na produtividade);

l) (T_{ID_p}) = Tempo de indisponibilidade de recursos no descarte (efeito na produtividade);

m) (R_{AD_p}) = Risco de impacto ambiental ou infração à legislação no descarte (efeito na produtividade;

n) (O_{Des_q}) = Outros efeitos no descarte (efeito na qualidade);

o) (R_{Rp_p}) = Utilização de recursos na reposição (efeito na produtividade);

p) (T_{IRp_p}) = Tempo de indisponibilidade de recursos na reposição (efeito na produtividade);

q) (R_{RtR_p}) = Utilização de recursos pelo retrabalho com reposição (efeito na produtividade);

r) (O_{RtR_q}) = Outros efeitos no retrabalho com reposição (efeito na qualidade);

s) (R_{Rt_p}) = Utilização de recursos pelo retrabalho sem reposição (efeito na produtividade);

t) (T_{Rt_p}) = Tempo de reposição pelo retrabalho (efeito na produtividade);

u) (T_{IRtR_p}) = Tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho com reposição (efeito na produtividade);

v) (T_{IRt_p}) = Tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho sem reposição (efeito na produtividade);

w) (O_{Rt_q}) = Outros efeitos no retrabalho sem reposição (efeito na qualidade).

A caracterização dos factos, decisões, ações e efeitos relacionados estão apresentados nas secções 5.2.1 até 5.2.19. O Fluxo da Análise de Decisão está integralmente tabelado e detalhado nos Apêndices III e IV respectivamente. Os Apêndices III e IV correspondem a um manual de utilizador, onde se percebe que dados é preciso preencher para obter uma solução.

5.2.1 Facto 1 – Itens ou lote defeituoso?

O Facto é resultado de um procedimento estabelecido na empresa, para inspeção ou verificação de itens ou lotes, seja de forma amostral, 100% dos itens, automatizada ou manual, dependendo da sensibilidade do inspetor. Os itens defeituosos são segregados (retirados do fluxo produtivo planeado) para que as decisões sejam tomadas e as ações planeadas e executadas. A Tabela 34 apresenta o sequenciamento de ações, efeitos, situação e quantificação das Variáveis dos Critérios, para cada opção.

Tabela 34 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções do Facto 1

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Facto	**Opção/ Facto**	**Ações de consequência do facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código dos efeitos nos Custos**	**Situação**	**Quantificação dos efeitos (Variáveis)**
1	Item ou lote defeituoso?	Não	Enviar ao processo seguinte	-	-	-	-	**Fim do fluxo**	Não há
		Sim	Identificar consequências e planear ações	Aumento de itens defeituosos	Aumento no tempo de entrega pela reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})	**Ir para a próxima decisão**	ACQ-O(T_{E_p}) + ACQ-F(N_{Def_q})
					-	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})		

A descrição detalhada dos efeitos de todas as etapas está caracterizada no Apêndice II.

5.2.2 Decisão 2 – Necessário reinspeção ou seleção?

Quando a inspeção é amostral e representa um lote, as empresas podem realizar reinspeções utilizando outras amostras do lote. Em alguns casos, opta-se pela reinspeção de 100% do lote com consequente seleção de itens conforme e segregação de itens não conforme. Também pode ocorrer reinspeção quando há dúvida no diagnóstico do defeito, principalmente quando o defeito é identificado em ponto não planeado, e, a partir da sensibilidade humana. Mesmo em pontos planeados, a reinspeção pode ocorrer por considerar altos níveis de sensibilidade humana, requerendo um diagnóstico mais

especializado. Reinspecionar ou selecionar peças no lote - essa ação pode alterar os efeitos iniciais aumentando ou reduzindo a quantidade de itens defeituosos. A Tabela 35 apresenta o sequenciamento de ações, efeitos, situação e quantificação das Variáveis dos Critérios, para cada opção de decisão.

Tabela 35 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções de decisão 2

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Decisão	**Opção/ Decisão**	**Ações de consequência da decisão**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código dos efeitos nos Custos**	**Situação**	**Quantificação dos efeitos (Variáveis)**
2	Necessário reinspeção ou seleção?	Sim	Reinspecionar ou selecionar peças no lote	-	Aumento no tempo de inspeção	Aumento nos Custos da Qualidade - Avaliação	ACQ-A(T_{Ri_p})	**Ir para o próximo facto**	ACQ-O(T_{E_p}) + ACQ-F(N_{Def_q}) + ACQ-A(T_{Ri_p}) + ACQ-O(T_{IRi_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reinspeção	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRi_p})		
				Atualização no aumento de itens defeituosos	Atualização no aumento do tempo de entrega pela reposição	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})		
					-	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})		
		Não	-	-	-	-	-	**Ir para o próximo facto**	Não há

5.2.3 Facto 3 – Defeito novo?

O Facto 3 sobre defeito novo é resultado de uma busca do conhecimento sobre o defeito ou falha em arquivos impressos ou eletrônicos de relatórios de análise ou registos de ocorrências. Contudo, na inexistência de relatórios ou registos, pode-se considerar a experiência ou conhecimento da empresa sobre o problema, desde que sejam disponibilizadas informações suficientes e consistentes para compreensão da falha, bem como, a possibilidade e eficácia de um eventual retrabalho. Analisar um defeito e construir o histórico do problema consiste em analisar os mecanismos de causa do defeito e as possibilidades de saná-lo. Devem-se identificar os sintomas no cliente interno ou externo,

mecanismos de causa e métodos para restabelecer as funções. Deve ser definida a possibilidade de eliminar o defeito e seus respectivos efeitos, considerando o tempo disponível e seu respectivo efeito na produtividade e custo. Devem ser consolidados e mantidos relatórios ou outras formas de registo para posterior consulta (históricos). A Tabela 36 apresenta o sequenciamento de ações, efeitos, situação e quantificação das Variáveis dos Critérios para cada opção.

Tabela 36 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções do Facto 3

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Facto	**Opção/ Facto**	**Ações de consequência do Facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código dos efeitos nos Custos**	**Situação**	**Quantificação dos efeitos (Variáveis)**
3	Defeito novo?	Sim	Analisar defeito e construir histórico do problema	-	Aumento no tempo de análise de melhorias	Aumento nos Custos da Qualidade - Avaliação	ACQ-A(T_{A_p})	**Ir para o próximo facto**	ACQ-A(T_{A_p})+ ACQ-O(T_{IA_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na análise	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IA_p})		
		Não	-	-	-	-	-	**Ir para o próximo facto**	Não há

5.2.4 Facto 4 – Retrabalho atinge nível de qualidade requerida?

O Facto baseia-se no conhecimento da empresa sobre o problema, oriundo de relatórios de análise, registos de ocorrências ou experiência e conhecimento do pessoal. Devem ser disponibilizadas informações suficientes e consistentes para compreensão da falha, bem como, para definir a eficácia de um eventual retrabalho. Essa conclusão deve advir principalmente de problema ou defeito igual com histórico conhecido e eficaz, mas também pode considerar defeitos similares, com devido fundamento técnico. A Tabela 37 apresenta o sequenciamento de ações, efeitos, situação e quantificação das Variáveis dos Critérios para cada opção.

Tabela 37 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções do Facto 4

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Facto	**Opção/ Facto**	**Ações de consequência do Facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código dos efeitos nos Custos**	**Situação**	**Quantificação dos efeitos (Variáveis)**
4	Retrabalho atinge nível de qualidade requerida?	Não	Descartar	Aumento de itens para descarte	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	**Ir para a próxima ação**	ACQ-F(N_{Des_q}) + ACQ-O(T_{ID_p}) + ACQ-O(R_{AD_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})		
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})		
			Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	**Fim do fluxo**	ACQ-O(R_{Rp_p}) + ACQ-O(T_{IRp_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})		
		Sim	-	-	-	-	-	**Ir para a próxima decisão**	Não há

5.2.5 Decisão 5 – Retrabalhar?

A decisão é resultado da análise, comparação e combinação de todos os efeitos na qualidade, produtividade e custo, oriundos de todas as ações e decisões anteriores, conforme fluxo percorrido pelas informações. A decisão visa minimizar os custos e manter os níveis da qualidade. A Tabela 38 apresenta o sequenciamento de ações, efeitos, situação e quantificação das Variáveis dos Critérios, para cada opção de decisão.

Tabela 38 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções de decisão 5

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Decisão	**Opção/ Decisão**	**Ações de consequência da decisão**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código dos efeitos nos Custos**	**Situação**	**Quantificação dos efeitos (Variáveis)**
5	Retrabalhar?	Não	Descartar	Aumento de itens para descarte	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	**Ir para a próxima ação**	ACQ-F(N_{Des_q}) + ACQ-O(T_{ID_p}) + ACQ-O(R_{AD_p}) + ACQ-O(O_{Des_q})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})		
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})		
				Outros aumentos no descarte	-	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(O_{Des_q})		
			Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	**Fim do fluxo**	ACQ-O(R_{Rp_p}) + ACQ-O(T_{IRp_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})		
		Sim	-	-	-	-	-	**Ir para a próxima decisão**	Não há

5.2.6 Decisão 6 – Retrabalho com reposição?

A decisão é resultado da análise, comparação e combinação de todos os efeitos na qualidade, produtividade e custo, oriundos de todas as ações e decisões anteriores conforme fluxo percorrido pelas informações. A Tabela 39 apresenta o sequenciamento de ações, efeitos, situação e quantificação das Variáveis dos Critérios para cada opção de decisão.

Tabela 39 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções de decisão 6

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Decisão	**Opção/ Decisão**	**Ações de consequência da decisão**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código dos efeitos nos Custos**	**Situação**	**Quantificação dos efeitos (Variáveis)**
6	Retrabalho com reposição?	Sim	Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	**Ir para o próximo facto**	ACQ-O(R_{Rp_p}) + ACQ-O(T_{IRp_p}) + ACQ-F(R_{RtR_p}) + ACQ-O(T_{IRtR_p}) + ACQ-O(O_{RtR_q})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})		
			Retrabalhar	Aumento de itens para retrabalho	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho com reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(R_{RtR_p})		
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho com reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRtR_p})		
				Outros aumentos no retrabalho com reposição	-	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(O_{RtR_q})		
		Não	Retrabalhar	Aumento de itens para retrabalho	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho sem reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(R_{Rt_p})	**Ir para o próximo facto**	ACQ-F(R_{Rt_p}) + ACQ-O(T_{Rt_p}) + ACQ-O(T_{IRt_p}) + ACQ-O(O_{Rt_q})
					Aumento no tempo de reposição pelo retrabalho	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{Rt_p})		
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho sem reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRt_p})		
				Outros aumentos no retrabalho sem reposição	-	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(O_{Rt_q})		

A decisão visa minimizar os custos e manter os níveis da qualidade. As análises e comparações das combinações dos efeitos visam perceber a influência de uma reposição combinada com o retrabalho, a fim de minimizar o tempo de reposição, seja pelo próprio retrabalho, seja pela reposição de um novo item. Um aumento significativo nos tempos de reposição pode gerar aumentos exponenciais nos custos de oportunidade por multas e quebras de contrato.

5.2.7 Facto 7 – Item atingiu nível de qualidade requerida?

O Facto é resultado da constatação da ação de retrabalhar. A evidência é verificada por inspeção ou avaliação de característica afetada pelo defeito. Quando mais de um item estiver relacionado no processo de decisão do defeito, é possível que opções de decisão diferentes sejam verificadas nesta etapa. Não há efeitos na qualidade, produtividade e custo associados à decisão. Ao constatar que o retrabalho restabeleceu as características ou requisitos do item, perdidos em função da identificação do defeito, o item segue o fluxo produtivo. Neste caso, o processo de tomada de decisão é encerrado. A Tabela 40 apresenta o sequenciamento da ação e situação para cada opção.

Tabela 40 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções do Facto 7

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Facto	**Opção/ Facto**	**Ações de consequência do Facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código dos efeitos nos Custos**	**Situação**	**Quantificação dos efeitos (Variáveis)**
7	Item atingiu nível de qualidade requerida?	Sim	Enviar ao processo seguinte	-	-	-	-	**Fim do fluxo**	Não há
		Não	-	-	-	-	-	**Ir para o próximo facto**	Não há

5.2.8 Facto 8 – Reposição do item defeituoso já foi realizada?

O Facto 8 visa evitar possível duplicidade na contabilização dos efeitos na qualidade, produtividade e custo oriundos da ação planeada de reposição, pois na decisão de "Retrabalhar com reposição? Sim", a sequência possível no fluxo e os respectivos efeitos

encontram-se já contabilizados nesta etapa. A Tabela 41 apresenta o sequenciamento de ações, efeitos, situação e quantificação das Variáveis dos Critérios para cada opção.

Tabela 41 – Sequenciamento de ações e efeitos a partir da pergunta e opções do Facto 8

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Facto	**Opção /Facto**	**Ações de consequência do Facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código dos efeitos nos Custos**	**Situação**	**Quantificação dos efeitos (Variáveis)**
8	Reposição do item defeituoso já foi realizada?	Não	Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	**Ir para a próxima ação**	ACQ-O(R_{Rp_p}) + ACQ-O(T_{IRp_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})		
			Descartar	Aumento de itens para descarte	-	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	**Fim do fluxo**	ACQ-F(N_{Des_q}) + ACQ-O(T_{ID_p}) + ACQ-O(R_{AD_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})		
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})		
		Sim	Descartar	Aumento de itens para descarte	-	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	**Fim do fluxo**	ACQ-F(N_{Des_q}) + ACQ-O(T_{ID_p}) + ACQ-O(R_{AD_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})		
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})		

Descartar o item que se mantém defeituoso após o retrabalho torna-se a única opção de destinação. Essa ação incide em efeitos na qualidade, produtividade e custo, inevitáveis e maiores do que em qualquer estágio anterior, considerando o aumento acumulado de custos das etapas anteriores. Ela pode ocorrer por erros no planeamento e execução do retrabalho. Nesse caso deve atingir parte dos itens retrabalhados. Assim como pode ocorrer de erros de diagnóstico acerca da eficácia do retrabalho, nesse caso deve afetar todos os itens retrabalhados. Entretanto, quanto a este último aspecto de erro, efeitos maiores podem ser evitados, quando planeadas inspeções iniciais que condicionem a progressão da execução do retrabalho. Outro aspecto a julgar é reiniciar o Fluxo da Análise de Decisão, considerando uma inspeção após o retrabalho como ponto de partida. Neste caso, todas as decisões, ações e efeitos devem ser repensados e contabilizados novamente.

5.3 Desenvolvimento da árvore de decisão

O desenvolvimento de uma árvore de decisão visa auxiliar nas decisões 5 e 6 do Fluxo da Análise de Decisão: 5) “Retrabalhar?”; e 6) “Retrabalho com reposição?”. Entretanto, os resultados obtidos com a análise pela árvore de decisão devem retornar ao Fluxo da Análise para complementação do processo de decisão.

A Figura 31 apresenta a árvore de decisão que sintetiza o Fluxo da Análise de Decisão e indicando as variáveis de custo que devem ser somadas em cada um dos 14 caminhos (ramos). Considera critérios de custo que representam efeitos na qualidade e na produtividade oriundos de itens defeituosos. A árvore de decisão tem como objetivo identificar o caminho que minimize os custos e mantenha o nível de qualidade requerida. A manutenção do nível de qualidade requerida é garantida pela pergunta “Retrabalho atinge nível de qualidade requerida?” que exclui as opções de retrabalho quando a resposta for “Não” (caminhos 9 e 14). A minimização dos custos é garantida pela comparação dos valores resultantes entre os caminhos e respectivas alternativas de decisão. Os valores resultantes das alternativas é obtido pela soma das variáveis de custos da qualidade no respectivo caminho. Então, 12 caminhos estão separados pelas perguntas de “Defeito novo?” e “Necessário reinspeção ou seleção?” em 4 grupos que ocorrem simultaneamente para as 3 opções de decisão.

- Grupo 1: Defeito novo? Sim; Necessário reinspeção ou seleção? Sim;
- Grupo 2: Defeito novo? Sim; Necessário reinspeção ou seleção? Não;
- Grupo 3: Defeito novo? Não; Necessário reinspeção ou seleção? Sim;
- Grupo 4: Defeito novo? Não; Necessário reinspeção ou seleção? Não.

Portanto, a minimização dos custos consiste na comparação do somatório dos custos, em cada caminho do grupo. Sendo assim, a comparação ocorre efetivamente em 3 caminhos:

- Caminhos comparados no Grupo 1: 1-5-10;
- Caminhos comparados no Grupo 2: 2-6-11;
- Caminhos comparados no Grupo 3: 3-7-12;
- Caminhos comparados no Grupo 4: 4-8-13.

Os resultados obtidos com a análise pela árvore de decisão devem retornar ao Fluxo da Análise de Decisão para complementação do processo de decisão.

Assim, de acordo com um grupo pré-selecionado, 3 caminhos são comparados conforme mostra a Tabela 42. O caminho que apresentar o menor somatório das variáveis (menor custo), indica a opção de decisão que deve ser tomada. Quando o retrabalho não atingir a qualidade requerida, a decisão será sempre descarte e não haverá comparação entre os valores dos somatórios.

Tabela 42 – Caminhos comparados na decisão

CAMINHOS COMPARADOS NA DECISÃO	DECISÃO INDICADA PELO CAMINHO		
	DESCARTE	RETRABALHO COM REPOSIÇÃO	RETRABALHO SEM REPOSIÇÃO
Caminhos comparados no Grupo 1	1	5	10
Caminhos comparados no Grupo 2	2	6	11
Caminhos comparados no Grupo 3	3	7	12
Caminhos comparados no Grupo 4	4	8	13

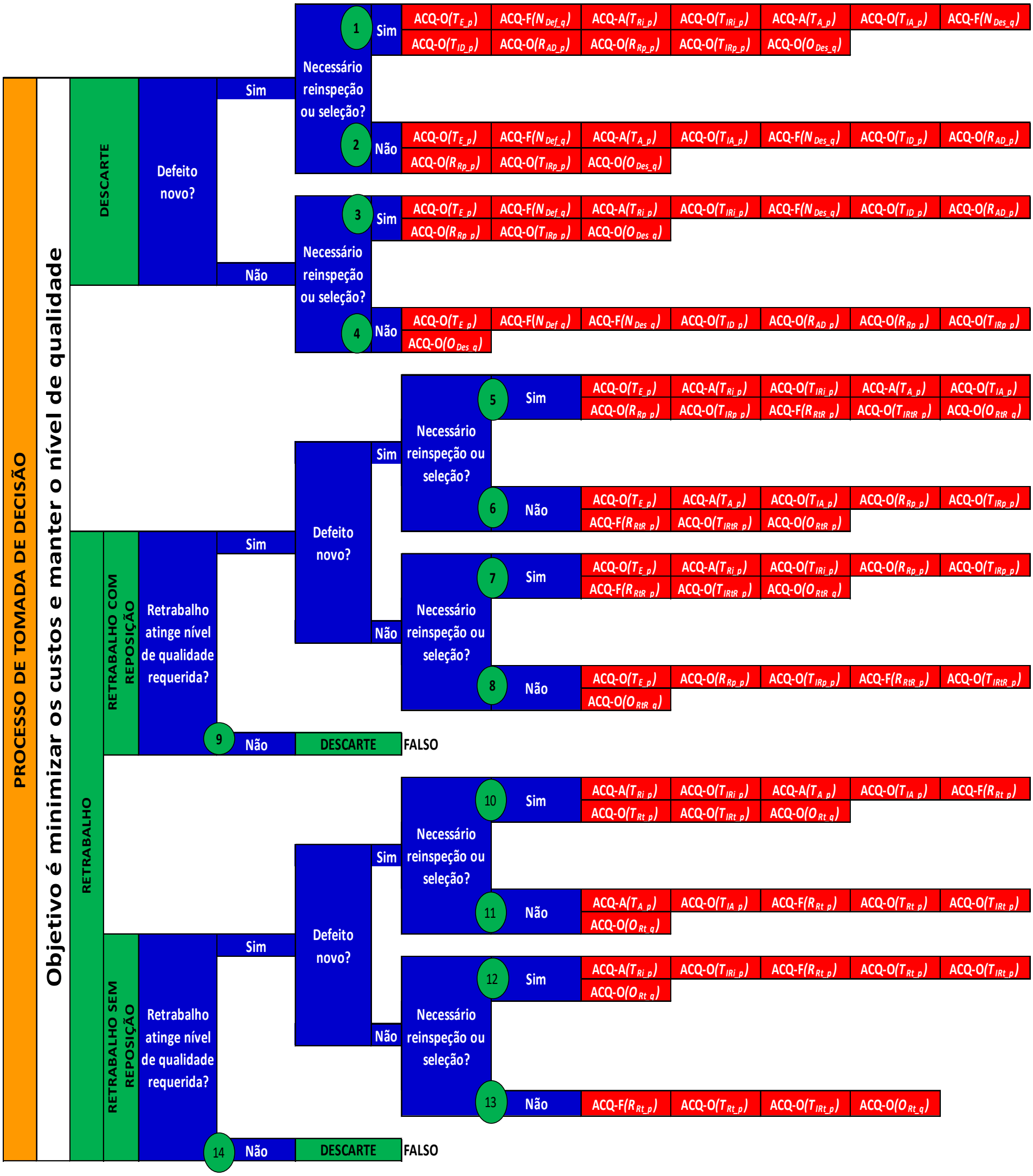


Figura 31 – Esboço da árvore de decisão com os respectivos caminhos percorridos pelo fluxograma de análise

A Figura 32 apresenta separadamente a decisão de “Descarte” com seus respectivos caminhos e variáveis de custos associadas. As variáveis são somadas em cada caminho (ramo) para posterior comparação, sendo selecionado o caminho de menor valor.

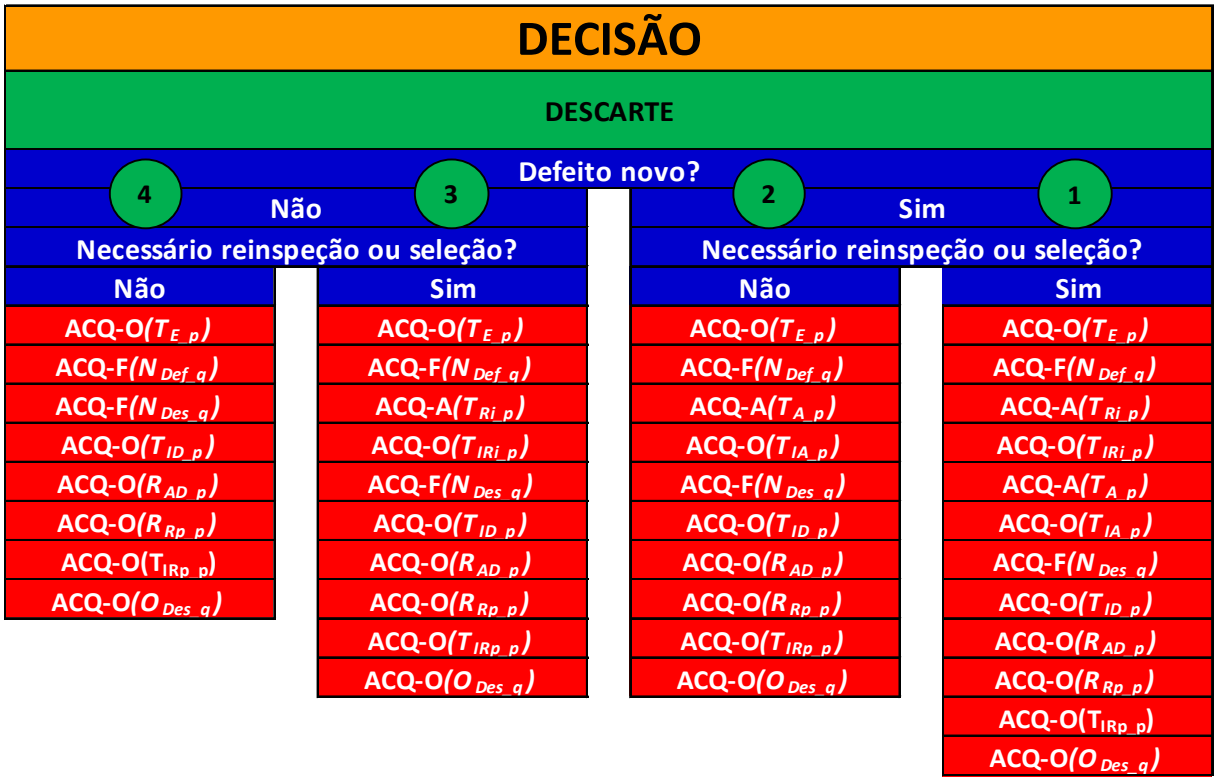


Figura 32 – Decisão de descarte e os respectivos custos relacionados a cada caminho percorrido pelo fluxograma de análise

A Figura 33 apresenta separadamente a decisão de “Retrabalho com reposição” com seus respectivos caminhos e critérios de custos associados.

A Figura 34 apresenta separadamente a decisão de “Retrabalho sem reposição” com seus respectivos caminhos e critérios de custos associados.

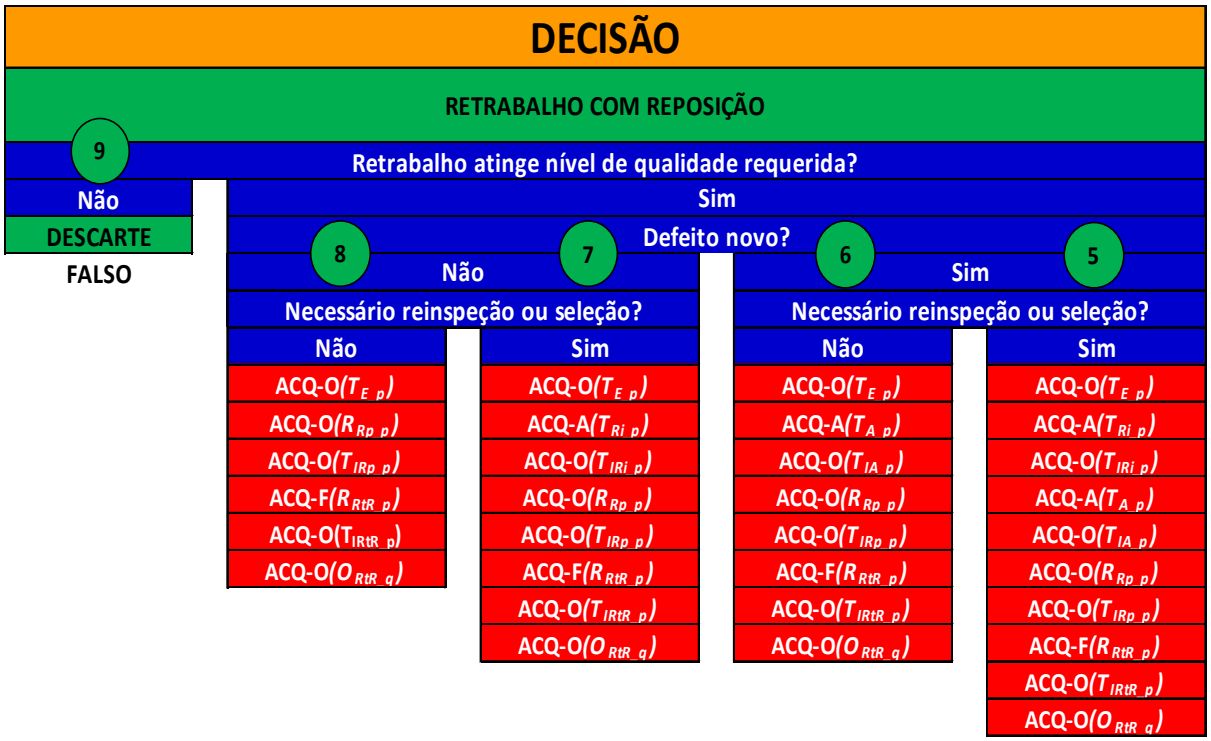


Figura 33 – Decisão de retrabalho com reposição e os respectivos custos relacionados a cada caminho percorrido pelo fluxograma de análise

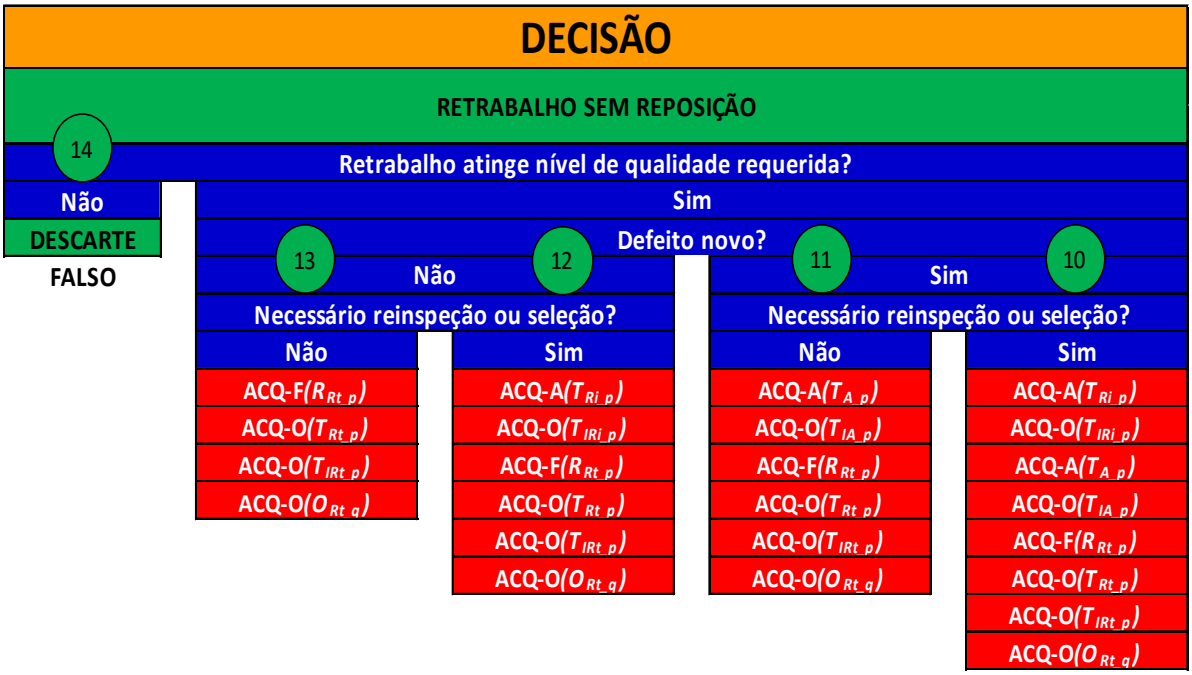


Figura 34 – Decisão de retrabalho sem reposição e os respectivos custos relacionados a cada caminho percorrido pelo fluxograma de análise

A Figura 35 mostra a árvore de decisão no *software* PrecisionTree. Entretanto, os critérios de custo não estão visíveis, pois os ramos da árvore estão recolhidos por limitações de espaço. O PrecisionTree é um *software* suplementar ao Microsoft Excel que permite uma análise de decisão completa utilizando dados de uma planilha Excel. No PrecisionTree, todos os valores do Modelo de Decisão são inseridos diretamente em células de planilha do Excel, sejam na própria árvore ou em planilhas vinculadas. Os valores ou resultados são utilizados como *payoffs* de cada caminho da árvore de decisão. Os cálculos de *payoffs* e valor esperado acontecem automaticamente à medida que os valores são editados, inseridos e alterados em planilhas ou nas células da própria árvore. O PrecisionTree fornece relatórios objetivos, incluindo resumos estatísticos, perfis de risco e sugestões de políticas. Além disso, pode gerar mais resultados qualitativos, que ajudam a compreender desvantagens, conflitos de interesse e objetivos importantes. Todos os resultados de análises são apresentados diretamente no formato do Excel, permitindo que sejam facilmente personalizados, impressos e salvos. Análises gráficas de sensibilidade unidirecional e bidirecional são exemplos de relatórios emitidos pelo PrecisionTree, numa análise de decisão, possibilitando identificar as variáveis mais importantes e determinantes na decisão. O *software* TopRank será utilizado em conjunto com o PrecisionTree no Capítulo 6 para teste e simulação do Modelo de Decisão.

A Tabela 43 mostra a planilha do Excel para inserção de dados para a análise de decisão do PrecisionTree. O preenchimento corresponde a identificar as opções das decisões 2, 3 e 4 (“Sim” ou “Não”) da caixa de cor laranja com inscrição “Opção aqui”, assim como, inserir os valores dos custos associados a cada código, representativo dos efeitos na qualidade e/ou produtividade das três últimas colunas. Devem ser inseridos valores médios ou nominais, valores mínimos e máximos para análise de sensibilidade e simulação (iteração de valores). Também são permitidas distribuições estatísticas nos dados. Nas decisões 5 (“Retrabalhar?”) e 6 (“Retrabalho com reposição?”), as respectivas caixas na cor laranja com inscrição “Valor automático” indicam a decisão (“Sim” ou “Não”) apresentada pela análise de decisão do PrecisionTree, como proposto. Entretanto, os resultados obtidos com a análise pela árvore de decisão devem retornar ao Fluxo da Análise de Decisão para complementação do processo de decisão.

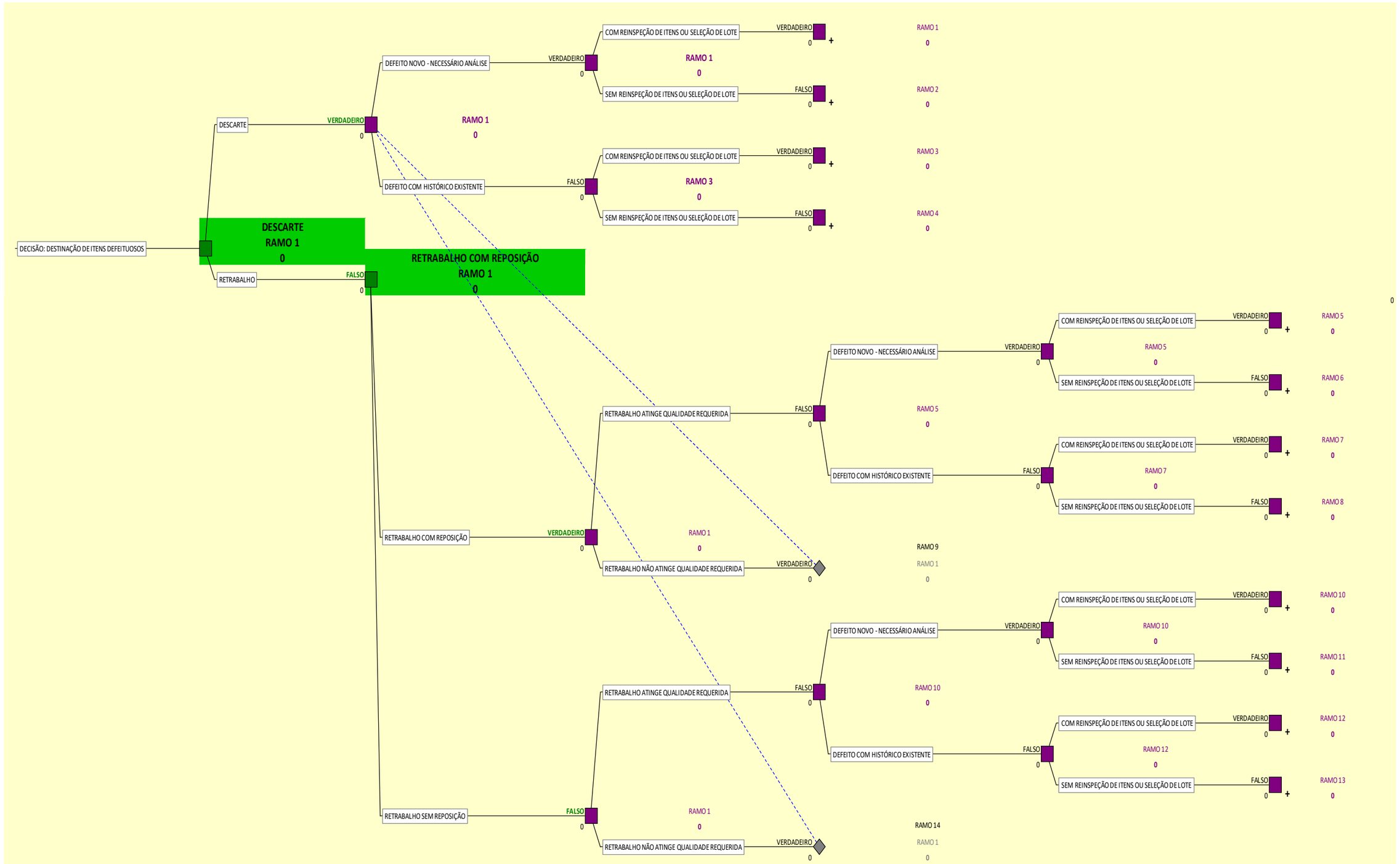


Figura 35 – Árvore de Decisão modelada no PrecisionTree

Tabela 43 – Planilha de input dos factos/decisão e valores das variáveis da análise de decisão

Etapa	Descrição							
	Pergunta de Decisão / Facto	**Opção**	**Ações de consequência da decisão / Facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio da variável**
1	**Item ou lote defeituoso?**	Sim	Identificar consequências e planear ações	Aumento de itens defeituosos	Aumento no tempo de entrega pela reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})	
					-	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})	
2	**Necessário reinspeção ou seleção?** SIM	Sim	Reinspecionar ou selecionar peças no lote	-	Aumento no tempo de Inspeção	Aumento nos Custos da Qualidade – Avaliação	ACQ-A(T_{Ri_p})	
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reinspeção	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRi_p})	
				Atualização no aumento de itens defeituosos	Atualização no aumento do tempo de entrega pela reposição	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})	
					-	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})	
		Não	-	-	-	-	-	-
3	**Defeito novo?** SIM	Sim	Analisar defeito e contruir histórico do problema	-	Aumento no tempo de análise de melhorias	Aumento nos Custos da Qualidade – Avaliação	ACQ-A(T_{A_p})	
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na análise	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IA_p})	
		Não	-	-	-	-	-	-
4	**Retrabalho atinge nível de qualidade requerida?** NÃO	Não	Descartar	Aumento de itens para descarte	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})	
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})	
			Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})	
		Sim	-	-	-	-	-	-

Etapa	Descrição							
	Pergunta de Decisão / Facto	**Opção**	**Ações de consequência da decisão / Facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio da variável**
5	**RETRABALHAR?** NÃO **VALOR AUTOMÁTICO**	Não	Descartar	Aumento de itens para descarte	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})	
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})	
				Outros aumentos no descarte	-	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(O_{Des_q})	
			Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})	
		Sim	-	-	-	-	-	-
6	**RETRABALHO COM REPOSIÇÃO?** NÃO **VALOR AUTOMÁTICO**	Sim	Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})	
			Retrabalhar	Aumento de itens para retrabalho	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho com reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(R_{RtR_p})	
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho com reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRtR_p})	
				Outros aumentos no retrabalho com reposição	-	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(O_{RtR_q})	
		Não	Retrabalhar	Aumento de itens para retrabalho	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho sem reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(R_{Rt_p})	
					Aumento no tempo de reposição pelo retrabalho	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{Rt_p})	
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho sem reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRt_p})	
				Outros aumentos no retrabalho sem reposição	-	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(O_{Rt_q})	

5.4 Conclusões e considerações

Este capítulo apresentou um Modelo de apoio à tomada de decisão caracterizado por um Fluxo da Análise de Decisão e uma árvore de decisão. Tabelas auxiliares foram estabelecidas para evidenciar formulações e captar dados de análise de decisão. Descreveram-se detalhadamente os fatores envolvidos na formulação, considerando o respectivo sequenciamento.

O Fluxo da Análise de Decisão identifica os critérios de decisão (diferentes custos da qualidade) a partir de uma análise abrangente de efeitos provocados por decisões e ações inerentes ao tratamento de itens defeituosos na manufatura. Uma árvore de decisão auxilia uma etapa específica do fluxo, onde são necessárias comparações combinatórias de critérios. A árvore de decisão foi inserida no *Software* PrecisionTree a fim de melhorar e agilizar o processamento de dados e análises específicas permitidas pelo *software*. Dessa forma, valores médios, mínimos, máximos e distribuição de dados são permitidos nos critérios de custo. O *Software* TopRank também será utilizado nestas análises.

O processo envolve 12 ações, 8 efeitos na qualidade, 15 efeitos na produtividade e um total de 19 critérios de decisão, identificados em 8 etapas, onde 5 factos e 3 decisões são relacionadas. Duas etapas (5 e 6) são auxiliadas pela árvore de decisão que condensa os 19 critérios, combinando e comparando seus respectivos valores. Assim, iterações de sensibilidade e simulação serão realizadas no Capítulo 6, ocasião de teste do Modelo de Decisão.

O Modelo de Decisão é simples de ser operado, pois, basta que quantidades de itens, tempos e principalmente custos, sejam inseridos numa tabela de planilha do Excel. São permitidas estimativas, intervalos de valores e distribuição de dados. Matematicamente trata-se da soma de critérios identificados pelas etapas e caminhos do Fluxo da Análise de Decisão. Entretanto, o desafio para as empresas está na identificação e contabilização desses valores que podem ser estimados, desde que baseados em outros dados relacionados. Essas e outras dificuldades serão tratadas no Capítulo 6, onde ajustes do Modelo podem ser requeridos.

6. TESTE E VALIDAÇÃO DO MODELO

Este capítulo apresenta o teste e validação do Modelo de Decisão desenvolvido no Capítulo 5. O teste e validação do Modelo de Decisão foi realizado através de um estudo de caso de decisão de destinação de itens defeituosos numa das maiores empresas do PIM. A Moto Honda da Amazônia é uma multinacional japonesa, instalada há 42 anos no PIM. Tem atualmente cerca de 5 mil funcionários, uma produção média de 3500 motocicletas por dia, de 19 modelos diferentes. Possui um "*market share"* de 80% no Brasil e fatura em média US$ 2,5 bilhões por ano.

A Moto Honda disponibilizou dados referentes aos principais problemas de qualidade do ano de 2018 (até início de julho), dos diversos processos de fabricação existentes, onde itens defeituosos foram segregados para avaliações e tomada de decisão. Foram identificados e pré-selecionados problemas relevantes em relação a quantidade de itens defeituosos envolvidos e a mobilização de recursos em vários setores da empresa. Em seguida optou-se por um problema que envolvesse a maior quantidade de informações disponível e representativamente abrangente para teste e validação do Modelo.

As informações são de caráter restrito, fornecidas pelo Chefe de Controle de Qualidade do Setor de Inspeção Final da Moto Honda da Amazônia, que disponibilizou arquivos em *drives* móveis, documentos impressos e outros dados em reuniões e contatos telefônicos.

A recolha de dados foi realizada durante o mês de julho de 2018, conforme apresentado na Seção 6.1. Os detalhes da composição dos valores dos Critérios de Decisão são definidos e explicados através das tabelas e descrições. Os factos e valores resultantes das Variáveis dos Critérios foram inseridos na planilha Excel de input da Árvore de Decisão, que forneceu os *payoffs* e a alternativa indicada. Os valores das Variáveis dos Critérios foram variados e identificados os de maior influência no valor esperado das alternativas. Então, o Modelo de Decisão é avaliado pelos pontos planeados e validado pelos factos verificados na sua aplicação.

O capítulo está organizado da seguinte forma: 6.1 Apresenta a recolha de dados do caso de estudo da decisão com o respectivo detalhe; 6.2 Apresenta os ajustes necessários ao Modelo de Decisão, identificados na fase de recolha de dados; 6.3 Apresenta a análise da decisão do caso de estudo com a identificação e comparação da composição dos valores dos Critérios e

payoffs de cada Ramo da Árvore de Decisão, os Ramos concorrentes, as Variáveis dos Critérios de maior influência, e, a influência da variação do valor das Variáveis dos Critérios nas alternativas de decisão; 6.4 Apresenta a avaliação e validação do Modelo de decisão, com os principais aspectos evidenciados na aplicação do caso de estudo; 6.6 Apresenta as conclusões e considerações de todo o capítulo.

6.1 Recolha de dados

A recolha de informações e dados para *input* no Modelo de Decisão foi feita diretamente com os responsáveis ou gestores dos processos, onde se usaram medidas de custos disponíveis na empresa para alimentar o processo de tomada de decisão.

6.1.1 Caracterização do problema em estudo

O problema de qualidade analisado é a falta de prolongamento do cordão de solda entre o reforço do assento e o suporte da tampa lateral do lado direito do chassi da motocicleta. O item defeituoso é o chassi completo da motocicleta, modelo código KRE, com ausência da conexão de solda no conjunto traseiro direito. O defeito foi detectado no Setor de Soldagem. Entretanto, quando rastreado o problema no Setor de Inspeção Final, verificou-se que existiam possivelmente 475 unidades afetadas.

Existe uma inspeção geral do chassi no processo de soldagem de 100% das peças, mas não especificamente para observar o ponto do defeito. Na causa houve erro de interpretação do desenho da peça pelo pessoal do turno de trabalho. Então, o Robô de soldagem foi programado (*setup* necessário) sem a conexão de solda. O problema foi detectado em inspeção amostral por pessoal mais experiente já com o chassi pintado e no final do turno. Então, quando rastreado o problema, verificou-se que várias motos tinham sido produzidas com o chassi, faltando a conexão de solda. As 475 unidades defeituosas são o resultado do rastreamento do lote, conforme a análise da causa, que identificou quando o processo de soldagem foi alterado, no turno de trabalho, dando origem aos itens defeituosos. A Figura 36 apresenta o Fluxograma dos processos e atividades envolvidas na análise do caso de estudo. O Fluxograma inicia no processo de soldagem e termina na reposição ou no retrabalho.

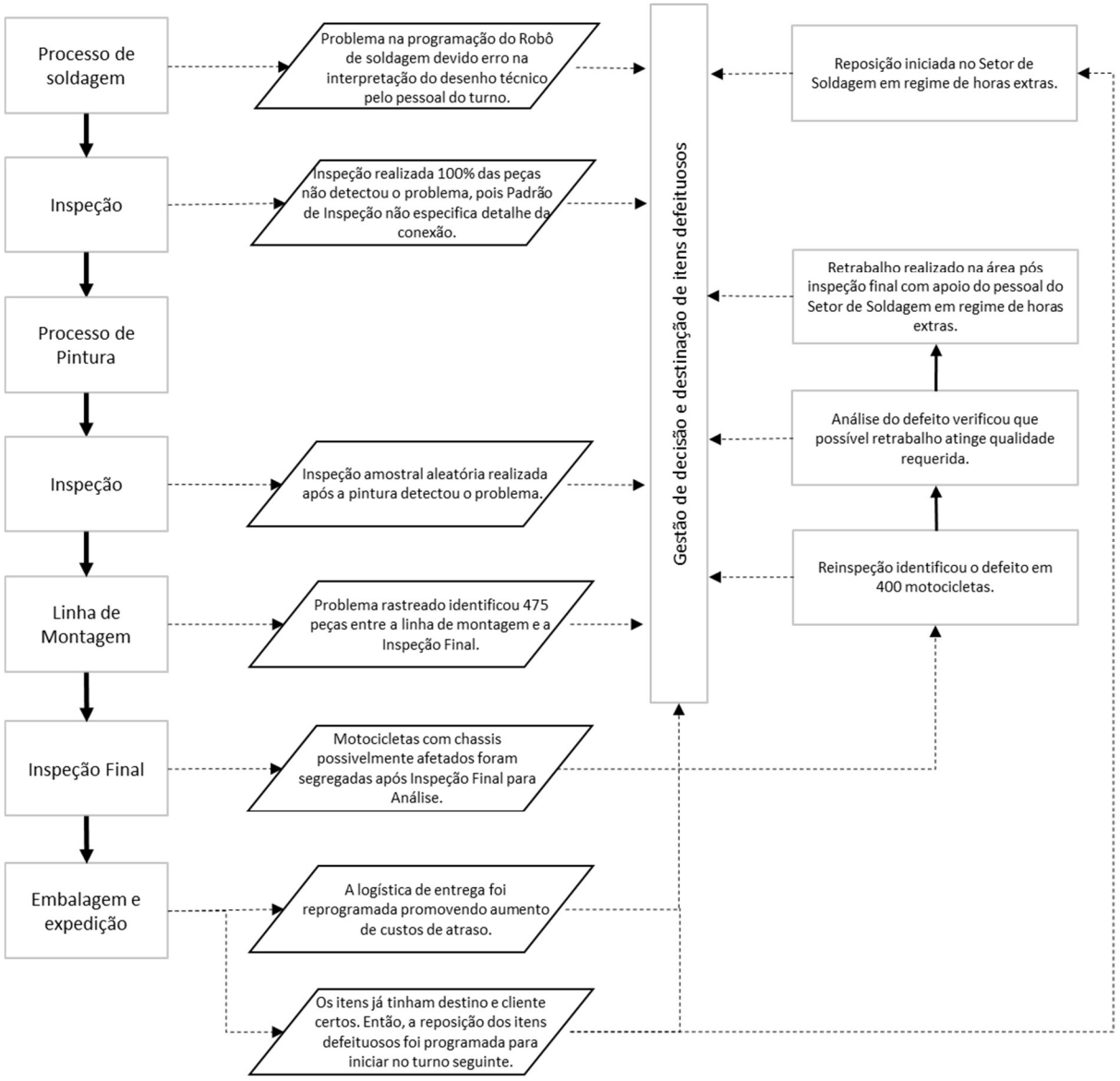


Figura 36 – Fluxograma dos processos e atividades envolvidas na análise do caso de estudo

6.1.2 Recolha de dados: Itens ou lote defeituoso

A recolha de dados segue as orientações definidas no Fluxo da Análise de Decisão do Item 5.2 (Figura 30) que está integralmente tabelado e detalhado nos Apêndices III e IV respectivamente. Os Apêndices III e IV correspondem a um manual de utilizador, onde se percebe que dados é preciso preencher para obter uma solução.

A empresa adota, de forma padronizada, a segregação e reposição de motocicletas na sequência de pedidos. Então, as 475 unidades retiradas do fluxo tinham destino certo, e

foram substituídas na próxima produção planeada. O atraso médio contabilizado foi de 24h para expedição e consequente destino. O custo logístico médio de atraso na entrega é de R$ 5.000,00 por dia (custo fixo que contabiliza os ajustes de movimentação, configuração e stock intermediário). R$ 102,54 é o custo de fabricação do chassi completo com pintura. A Tabela 44 apresenta a recolha dos efeitos e critérios de custo da etapa 1.

Tabela 44 – Recolha de dados: Itens ou lote defeituoso

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Facto	**Facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos na Produtividade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio do efeito**
1	Item ou lote defeituoso?	Sim	Aumento de itens defeituosos	**475un**	Aumento no tempo de entrega pela reposição	**24h**	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})	**R$ 5.000,00**
					-	-	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})	**R$ 102,54 X 475un**

6.1.3 Recolha de dados: Reinspeção

As 475 unidades segregadas foram reinspecionadas a R$ 0,46 a unidade (cálculo baseado na hora de trabalho do funcionário que realizou a atividade). A reinspeção de 35 segundos foi realizada por um soldador experiente que desmontava a tampa lateral, verificava a existência da falha, e a montava novamente. 400 Unidades das 475 segregadas apresentavam o defeito de falha no cordão de solda. O aumento no tempo de entrega manteve-se inalterado em relação ao estabelecido na Etapa 1 (Tabela 69). A reinspeção foi realizada em regime de horas-extras, então, não houve indisponibilidade de recursos.

Os 15,8% (75 unidades) dos itens segregados retornaram ao fluxo produtivo por que não apresentavam o defeito. A Tabela 45 apresenta a recolha dos efeitos e critérios de custo da etapa 2.

Tabela 45 – Recolha de dados: Reinspeção

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Decisão	**Decisão**	**Efeitos na Qualidade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos na Produtividade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio do efeito**
2	Necessário reinspeção ou seleção?	Sim	-	-	Aumento no tempo de inspeção	**35s X 475un**	Aumento nos Custos da Qualidade – Avaliação	ACQ-A(T_{Ri_p})	**R$ 0,46 X 475un**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reinspeção	**0**	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRi_p})	**0**
			Atualização no aumento de itens defeituosos	**400un**	Atualização no aumento do tempo de entrega pela reposição	**24h**	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})	**R$ 5.000,00**
					-	-	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})	**R$ 102,54 X 400un**
		Não	-	-	-	-	-	-	-

6.1.4 Recolha de dados: Defeito

A análise do defeito foi realizada em 3 dias (24 horas no total) por 1 analista da qualidade. Entretanto, a atividade foi realizada durante o horário de expediente, deixando o analista indisponível para outras atividades. Então, apesar do aumento no tempo de análise, o custo foi efetivamente gerado pela indisponibilidade, e equivale ao custo da hora-extra, considerando que as atividades não realizadas foram realizadas em hora-extra (de acordo com os envolvidos na análise, esta situação é a mais frequente na empresa). Neste caso, o custo da hora-extra é 110% do expediente normal. Então, se não houver necessidade da hora-extra, será menor o custo de realizar no horário de expediente. A Tabela 46 apresenta a recolha dos efeitos e critérios de custo da etapa 3.

Tabela 46 – Recolha de dados: Defeito

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Facto	**Facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos na Produtividade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio do efeito**
3	Defeito novo?	Sim	-	-	Aumento no tempo de análise de melhorias	**24h**	Aumento nos Custos da Qualidade – Avaliação	ACQ-A(T_{A_p})	**0**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na análise	**24h**	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IA_p})	**R$ 1.571,98**
		Não	-	-	-	-	-	-	-

6.1.5 Recolha de dados: Nível de qualidade no retrabalho

Neste caso de estudo, o retrabalho atinge a qualidade requerida (opção de decisão “Sim”). Então, os efeitos da opção de decisão “Não”, não precisam ser preenchidos.

6.1.6 Recolha de dados: Retrabalho

A decisão de retrabalhar ou não, centra-se principalmente nos resultados dos dados recolhidos nas etapas 5 (esta) e 6 (seguinte), onde os valores das Variáveis dos Critérios de custos serão efetivamente combinados e comparados pela análise da árvore que fornece automaticamente a decisão.

No caso de descarte, o chassi deveria ser retirado, então, todo o processo de montagem deveria ser desfeito. 32 segundos é o *takt time* de montagem por motocicleta do modelo, que deve ser somado ao tempo de atravessamento da linha de montagem (que é o tempo de preenchimento da linha com as motocicletas defeituosas para realizar a desmontagem de 19,2 minutos), que ocorre no caso de desmontagem para descarte. Desmontar custa o mesmo que montar, R$ 66,22 por unidade, considerando todos os recursos humanos, equipamentos e materiais empregados. Entretanto, sendo realizado em regime de horas-extras (110%) custa R$ 96,93 (4 horas-extras) vezes 85 pessoas, total de R$ 8239,22 a mais.

Considerando uma destinação de descarte, a fabricação de itens defeituosos na soldagem, pintura e montagem, promoveria aumento no tempo de indisponibilidade de recursos. A indisponibilidade está relacionada à ocupação de recursos (em função do tempo), sem o

efetivo resultado financeiro planeado, interferindo nas quantidades de saídas planeadas (Plano de produção). Então, pela dificuldade na obtenção de outras informações, somente a mão-de-obra entrou como recurso indisponível. Na soldagem, para um *takt time* de 54 segundos, multiplicado por 400 unidades, obteve-se um total de 6 horas, sendo o custo de R$ 22,03 por hora para cada uma das 27 pessoas. Multiplicando tem-se um total de R$ 3.568,86.

Na Pintura, para um *takt time* de 32 segundos, multiplicado por 400 unidades, obteve-se um total de 3,6 horas a R$ 22,03 por hora (custo da mão-de-obra por hora, considerando salário, encargos e despesas), para 19 pessoas. Multiplicando tem-se um total de R$ 1.506,85.

Na Montagem, para um *takt time* de 32 segundos, multiplicado por 400 unidades, obteve-se um total de 3,6 horas a R$ 22,03 por hora, para 85 pessoas. Multiplicando tem-se um total de R$ 6.741,18.

A empresa não tem custos para retirada do resíduo de peças descartadas, mas também não vende como sucata. Uma empresa terceirizada, credenciada pelo órgão ambiental, retira da fábrica as peças descartadas, para ganhar no processamento do metal, sem repassar custos ou créditos à empresa.

Para repor o chassi, um novo chassi deve ser fabricado (o *takt time* do chassi é 54 segundos), e, em seguida montado, com custo total de R$ 168,76, considerando o item defeituoso (R$ 102,54) e a montagem (R$ 66,22). As atividades de reposição são realizadas em regime de horas-extras. Na reposição das 400 unidades do chassi no Setor de Soldagem, são 54 segundos multiplicados por 400 peças, dando um total de 6 horas-extras (*takt time* x quantidade) para 27 pessoas (linha de soldagem). Então, o custo de horas-extras é de R$ 3.925,75 (R$ 22,03 x 110% x 6 horas x 27 trabalhadores) a mais na soldagem. A reposição em regime de horas-extras evita a indisponibilidade de recursos.

No Setor de Pintura, são 32 segundos multiplicados por 400 peças, total de 4 horas-extras (*takt time* x quantidade) para 19 pessoas (linha de pintura). Então, o custo de horas-extras é de R$ 1.841,71 (R$ 22,03 x 110% x 4 horas x 19 trabalhadores) a mais na pintura.

Na montagem do chassi, não há o tempo de atravessamento, então, realizado em horas-extras, fica em R$ 7.415,30 (R$ 22,03 x 110% x 3,6 horas x 85 trabalhadores). A Tabela 47 apresenta a recolha dos valores dos efeitos e das Variáveis dos Critérios de custo da etapa 5.

Tabela 47 – Recolha de dados: Retrabalho

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Decisão	**Decisão**	**Efeitos na Qualidade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos na Produtividade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio do efeito**
5	RETRABALHO?	Não	Aumento de itens para descarte	**400un**	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	**(32s X 400un) + 19,2 min**	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	**R$ 66,22 X 400un + R$ 8.239,22**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	**(32 + 54 + 32s) X 400un)**	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})	**R$ 3.568,86 + R$1.506,85 + R$6.741,18**
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	**Zero**	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})	**Zero**
			Outros aumentos no descarte	**Zero**	-	-	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(O_{Des_q})	**Zero**
			Aumento de itens para reposição	**400un**	Aumento na utilização de recursos na reposição	**(54s + 32s + 32s) X 400un)**	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	**(R$102,54 + R$66,22) X (400 un) + R$ 3.925,75 + R$ 1.841,71 + R$ 7.415,30**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	**Zero**	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})	**Zero**
		Sim	-	-	-	-	-	-	-

6.1.7 Recolha de dados: Retrabalho com reposição

A reposição é a mesma da etapa 5.

No retrabalho das 400 motocicletas, o tempo é de 7 minutos por moto, considerando desmontagem, lixamento, soldagem, pintura e montagem. Duas pessoas executam a atividade em regime de 47 horas-extras com um custo de R$ 4.349,40 (R$ 42,06 (custo da mão-de-obra por hora considerando salário e encargos) x 110% x 47 horas x 2 pessoas). O retrabalho em regime de horas-extras evita a indisponibilidade de recursos. O custo do processo de retrabalho, considerando os recursos e materiais empregues, foi estimado a partir do custo médio dos 3 processos envolvidos (montagem, soldagem e pintura) e do tempo de execução de 7 minutos. Chegou-se ao valor de R$ 0,71 por moto retrabalhada.

A Tabela 48 apresenta a recolha dos valores dos efeitos e das Variáveis dos Critérios de custo da etapa 6.

Tabela 48 – Recolha de dados: retrabalho com reposição

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Decisão	**Decisão**	**Efeitos na Qualidade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos na Produtividade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio do efeito**
6	RETRABALHO COM REPOSIÇÃO?	Sim	Aumento de itens para reposição	**400un**	Aumento na utilização de recursos na reposição	**(54s + 32s + 32s) X 400un)**	Aumento nos Custos da Qualidade – - Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	**(R$102,54 + R$66,22) X 400un) + R$ 3.925,75 + R$ 1.841,71 + R$ 7.415,30**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	**Zero**	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})	**Zero**
			Aumento de itens para retrabalho	**400un**	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho com reposição	**7 min X 400un)**	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(R_{RtR_p})	**(R$ 0,71 X 400un) + R$ 4.349,40**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho com reposição	**Zero**	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRtR_p})	**Zero**
			Outros aumentos no retrabalho com reposição	**Zero**	-	-	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(O_{RtR_q})	**Zero**
		Não	Aumento de itens para retrabalho	**400un**	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho sem reposição	**7 min X 400un)**	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(R_{Rt_p})	**(R$ 0,71 X 400un) + R$ 4.349,40**
					Aumento no tempo de reposição pelo retrabalho	**75 horas**	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{Rt_p})	**R$ 15.625,00**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho sem reposição	**Zero**	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRt_p})	**Zero**
			Outros aumentos no retrabalho sem reposição	**Zero**	-	-	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(O_{Rt_q})	**Zero**

No presente caso de estudo, a empresa adotou uma estratégia de retrabalho com reposição. Para comparar outras estratégias possíveis, são necessárias informações complementares.

Para um retrabalho sem reposição (opção de decisão “Não”), a soma dos tempos de reinspeção, análise e retrabalho é de 75 horas, desde que realizadas sequencialmente e na mesma configuração realizada. Esse tempo pode ser reduzido desde que mais recursos existam e sejam disponibilizados. Realizado de forma contínua tende a comprometer a disponibilidade, mas reduz custos com horas-extras. Assumindo que as 75 horas seriam contínuas e realizadas imediatamente após a detecção do problema, o custo médio de atraso na entrega é estimado em R$ 15.625,00, para um retrabalho sem reposição. Considera-se um custo fixo de R$ 5.000,00 para cada 24h de atraso na entrega. O aumento nos recursos e na indisponibilidade são diferentes para o retrabalho com e sem reposição, considerando várias configurações e possibilidades existentes nas empresas. Para simplificar a análise deste caso de estudo foram atribuídos os mesmos valores que serão variados e simulados na análise de sensibilidade.

6.2 Ajustes necessários identificados e implementados no Modelo

Este tópico apresenta 16 ajustes, definidos com base em situações do caso de estudo que influenciam as definições inicialmente propostas no Modelo de Decisão. Os ajustes no Modelo de Decisão são para o presente caso de estudo e aplicações futuras. Estes ajustes foram identificados durante a recolha de dados do caso de estudo. Os ajustes realizados estão identificados abaixo, conforme as Etapas do Fluxograma da análise de decisão da Figura 30.

Na Etapa 1 do Fluxograma da análise de decisão:

Ajuste 1: O efeito na produtividade “Aumento no tempo de entrega” fica com uma definição mais detalhada acrescentando “pela reposição”, porque neste primeiro momento a entrega será pela reposição e descarte dos itens defeituosos. Na Esboço da Árvore de Decisão do Modelo da Figura 31, estruturada no PrecisionTree e apresentada na Figura 35, a Variável

ACQ-O(T_{E_p}) não será contabilizada para a decisão de retrabalho sem reposição, que tem variável específica para o aumento no tempo de entrega pelo retrabalho.

Na Etapa 2 do Fluxograma da análise de decisão:

Ajuste 2: Ao preencher os dados, observou-se que a informação quanto ao aumento no tempo de inspeção deveria vir antes da atualização no aumento do tempo de entrega e da atualização no aumento de itens defeituosos.

Ajuste 3: O efeito na produtividade "Aumento no tempo de entrega" fica com uma definição mais detalhada acrescentando "pela reposição", por que neste primeiro momento a entrega será pela reposição e descarte dos itens defeituosos.

Na Etapa 4 do Fluxograma da análise de decisão:

Ajuste 4: Foi incluído o efeito na produtividade de "Aumento na utilização de recursos pelo descarte" na Variável "ACQ-F(N_{Des_q})". Ao preencher os dados observou-se que havia necessidade de incluir um efeito na produtividade da ação de descarte, similar ao existente no retrabalho, que é o aumento na utilização de recursos pelo descarte. A necessidade considera a própria descrição do critério de custo associado.

Ajuste 5: Após ser incluído o efeito na produtividade de "Aumento na utilização de recursos na reposição" em substituição ao "Aumento no tempo de reposição", que já está contabilizado no "Aumento no tempo de entrega" do Item 1, foi necessário ajustar o Código da variável ao novo nome do efeito: "ACQ-O(T_{Rp_p})" que passa a ser ACQ-O(R_{Rp_p})".

Na Etapa 5 do Fluxograma da análise de decisão:

Ajuste 6: Igualmente na Etapa 4 (Seção 6.3.4), foi incluído o efeito na produtividade de "Aumento na utilização de recursos pelo descarte" no Critério correspondente à Variável "ACQ-F(N_{Des_q})".

Ajuste 7: Foi incluído o efeito na produtividade de "Aumento na utilização de recursos na reposição", em substituição ao "Aumento no tempo de reposição" que já está contabilizado

no “Aumento no tempo de entrega”. Foi necessário ajustar ao efeito o Código da Variável “ACQ-O(T_{Rp_p})” que passa a ser “ACQ-O(R_{Rp_p})”.

Ajuste 8: Foi incluído o efeito na qualidade “Outros aumentos no descarte” e Critério “Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade ACQ-O(O_{Des_q})”. Esse critério é utilizado somente quando julgado necessário, para incluir aspecto não contemplado no Modelo de Decisão.

Na Etapa 6 do Fluxograma da análise de decisão:

Ajuste 9: Foi incluído o efeito na produtividade de “Aumento na utilização de recursos na reposição” em substituição ao “Aumento no tempo de reposição” que já está contabilizado no “Aumento no tempo de entrega” do Item 1. Foi necessário ajustar ao efeito o Código da Variável “ACQ-O(T_{Rp_p})” que passa a ser “ACQ-O(R_{Rp_p})”.

Ajuste 10: Foi incluído no efeito “Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho” a expressão “com reposição” para diferenciar do “sem reposição”. Foi necessário ajustar ao efeito o Código da Variável “ACQ-F(R_{Rt_p})” que passa a ser “ACQ-F(R_{RtR_p})”.

Ajuste 11: Ao preencher os dados observou-se que havia necessidade de tornar diferente a utilização de recursos, os tempos e custos de indisponibilidade dos retrabalhos com e sem reposição. Atividades em regime de horas-extras mostraram-se favoráveis a não comprometer disponibilidade de recursos. Entretanto, para retrabalhar sem reposição, sem comprometer prazos de entrega, pode-se optar pela hora de expediente que compromete a disponibilidade, mas pode minimizar outros custos com atrasos.

Ajuste 12: Foi incluído no efeito “Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho” a expressão “sem reposição” para diferenciar os efeitos.

Ajuste 13: Foi incluído no efeito “Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho” a expressão “com reposição” para diferenciar do sem reposição. Foi necessário ajustar ao efeito no Código da Variável “ACQ-O(T_{IRt_p})” que passa a ser “ACQ-O(T_{IRtR_p})”.

Ajuste 14: Foi incluído no efeito “Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho” a expressão “sem reposição”.

Ajuste 15: Foi incluído o efeito na qualidade "Outros aumentos no retrabalho com reposição", e, Critério "Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade ACQ-O(O_{RtR_q})". Esse critério é utilizado somente quando julgado necessário, para incluir algum aspecto não contemplado no Modelo de Decisão.

Ajuste 16: Foi incluído o efeito na qualidade "Outros aumentos no retrabalho sem reposição", e, Critério "Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade ACQ-O(O_{Rt_q})". Esse critério é utilizado somente quando julgado necessário, para incluir aspecto não contemplado no Modelo de Decisão.

6.3 Análise de resultados

A Tabela 49, desenvolvida com base no Modelo de Decisão proposto, é a Planilha Excel de *input* das Variáveis dos Critérios que auxilia a Árvore de decisão estruturada no *Software* PrecisionTree. A Planilha da Tabela 49 foi preenchida com as informações recolhidas na Seção 6.2.

A decisão da Etapa 2 é selecionada conforme opção da empresa. Os Factos das Etapas 3 e 4 foram selecionados conforme as verificações realizadas na recolha de dados da Seção 6.4. Nas Etapas 5 e 6, as decisões são definidas automaticamente pelo resultado da análise do Modelo de Decisão, conforme mostra a Árvore de Decisão da Figura 37.

Tabela 49 – Planilha de input dos factos/decisão e valores das variáveis da análise de decisão (caso de estudo)

Etapa	Descrição							
	Pergunta de Decisão / Facto	**Decisão /Facto**	**Ações de consequência da decisão / Facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio da variável**
1	**Item ou lote defeituoso?**	Sim	Identificar consequências e planear ações	Aumento de itens defeituosos	Aumento no tempo de entrega pela reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})	5.000,00
					-	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})	48.706,50
2	**Necessário reinspeção ou seleção?**	Sim	Reinspecionar ou selecionar peças no lote	-	Aumento no tempo de Inspeção	Aumento nos Custos da Qualidade – Avaliação	ACQ-A(T_{Ri_p})	2.18,50
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reinspeção	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRi_p})	0
	SIM			Atualização no aumento de itens defeituosos	Atualização no aumento do tempo de entrega pela reposição	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})	5.000,00
					-	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})	41.016,00
		Não	-	-	-	-	-	-
3	**Defeito novo?**	Sim	Analisar defeito e construir histórico do problema	-	Aumento no tempo de análise de melhorias	Aumento nos Custos da Qualidade – Avaliação	ACQ-A(T_{A_p})	0
	SIM				Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na análise	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IA_p})	1.571,98
		Não	-	-	-	-	-	-
4	**Retrabalho atinge nível de qualidade requerida?**	Não	Descartar	Aumento de itens para descarte	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	34.727,22
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})	11.816,74
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})	0
	SIM		Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	80.686,76
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})	0
		Sim	-	-	-	-	-	-

Etapa	Descrição							
	Pergunta de Decisão / Facto	**Decisão /Facto**	**Ações de consequência da decisão / Facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio da variável**
5	**RETRABALHAR?**	Não	Descartar	Aumento de itens para descarte	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	34.727,22
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})	11.816,74
	SIM				Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})	0
				Outros aumentos no descarte	-	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(O_{Des_q})	0
	VALOR AUTOMÁTICO		Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	80.686,76
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})	0
		Sim	-	-	-	-	-	-
6	**RETRABALHO COM REPOSIÇÃO?**	Sim	Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	80.686,76
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})	0
	NÃO		Retrabalhar	Aumento de itens para retrabalho	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho com reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(R_{RtR_p})	4.633,40
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho com reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRtR_p})	0
	VALOR AUTOMÁTICO			Outros aumentos no retrabalho com reposição	-	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(O_{RtR_q})	0
		Não	Retrabalhar	Aumento de itens para retrabalho	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho sem reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas	ACQ-F(R_{Rt_p})	4.633,40
					Aumento no tempo de reposição pelo retrabalho	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{Rt_p})	15.625,00
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho sem reposição	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(T_{IRt_p})	0
				Outros aumentos no retrabalho sem reposição	-	Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade	ACQ-O(O_{Rt_q})	0

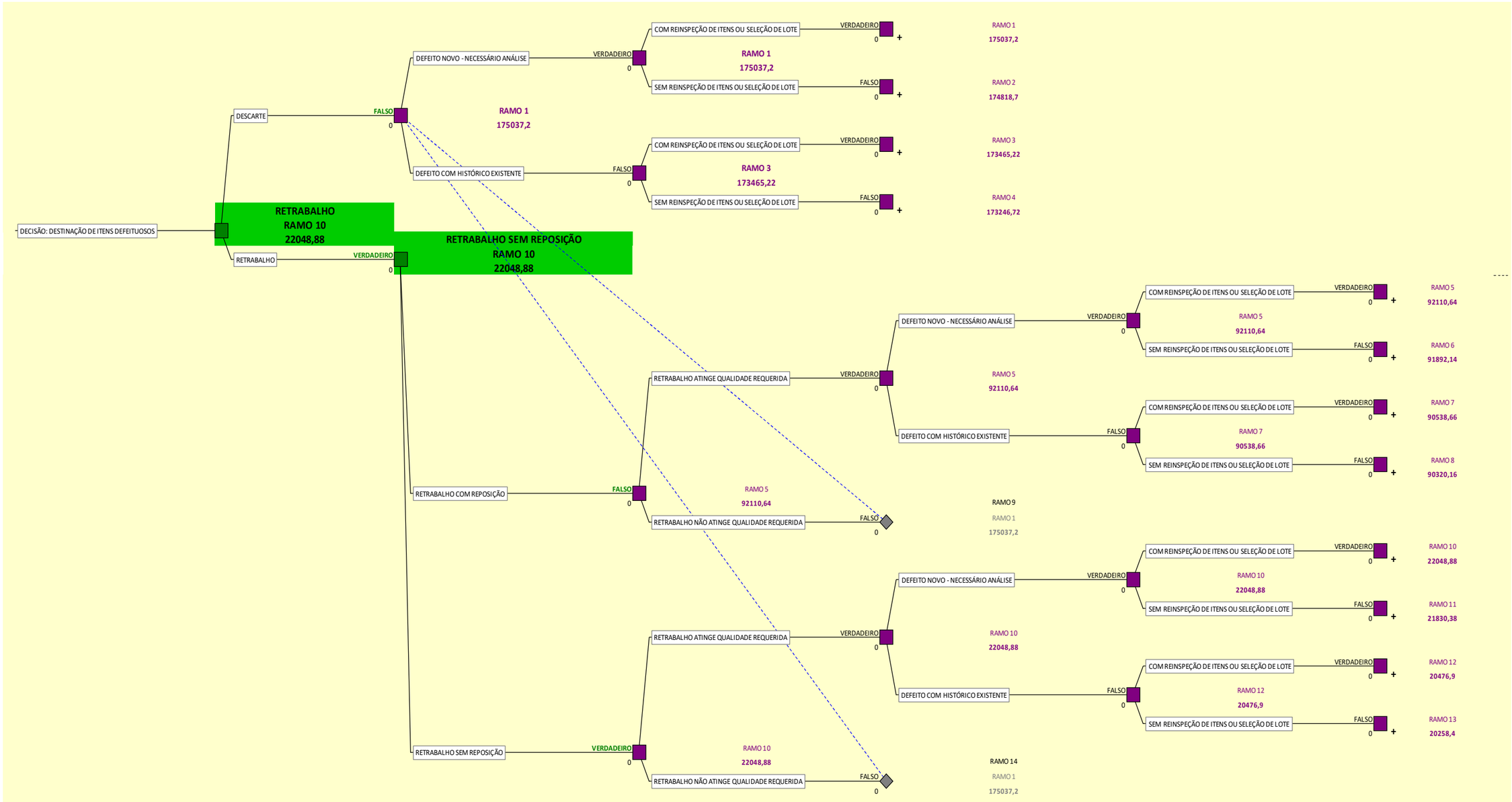


Figura 37 – Árvore de Decisão com decisões, factos e valores dos das Variáveis do Critérios do caso de estudo

A Tabela 50 apresenta o valor nominal de cada Ramo da Árvore de Decisão. O Ramo 10 é o Caminho que dentro das condições de Factos do caso de estudo (Com reinspeção de lote e necessário análise devido defeito novo – coluna Condição de Factos igual a "Verdadeiro" da Tabela 50) apresenta o menor valor (minimiza os custos), considerando os Ramos comparados no Grupo 1 (Ramos 1, 5 e 10).

Tabela 50 – Valores da combinação dos Critérios por Ramo e Decisão da Árvore

Decisão	**Valor Recolhido**		
	Ramo	**Valor nominal ou médio**	**Condição de Factos**
Descarte	Ramo 1	175.037,20	Verdadeiro
	Ramo 2	174.818,70	Falso
	Ramo 3	173.465,22	Falso
	Ramo 4	173.246,72	Falso
Retrabalho com reposição	Ramo 5	92.110,64	Verdadeiro
	Ramo 6	91.892,14	Falso
	Ramo 7	90.538,66	Falso
	Ramo 8	90.320,16	Falso
Retrabalho sem reposição	**Ramo 10**	**22.048,88**	**Verdadeiro**
	Ramo 11	21.830,38	Falso
	Ramo 12	20.476,90	Falso
	Ramo 13	20.258,40	Falso

Verifica-se diferença na decisão tomada pela empresa e o resultado pela Análise de Decisão do Modelo. Então, na prática a decisão da empresa é intuitiva, sem uma avaliação mais detalhada e sistemática. Optam por repor e depois avaliam a possibilidade de retrabalhar. Isto explica-se pelos altos custos logísticos com atrasos e por não possuírem stocks normalmente. A reposição é realizada em regime extraordinário de trabalho, ocorrendo imediatamente à segregação de itens defeituosos (no fim do turno do dia) o que promove aumento de custos com o pagamento de horas-extras. A diferença entre a decisão tomada pela empresa e a decisão indicada pelo modelo corresponde a R$ 70.061,76 (diferença entre o valor *payoff* R$ 92.110,64 do Ramo 5 da decisão de retrabalho com reposição realizada pela empresa e do valor *payoff* R$ 22.048,88 do Ramo 10 da decisão de retrabalho sem reposição selecionada pelo Modelo).

6.3.1 Análise da decisão proposta pelo modelo

Foi realizada uma análise de variações percentuais dos valores nominais das Variáveis dos Critérios (*inputs*). Foi utilizada a análise de variações do *Software* TopRank (sensibilidade). Esta análise permite variar o valor de cada variável e avaliar a influência no *payoff* de cada Ramo (*output*) da Árvore de Decisão. Foi utilizada uma faixa de variação de ±100% do valor nominal das Variáveis dos Critérios, distribuído uniformemente em 10 etapas conforme mostra a Figura 38. Dessa forma, o Valor nominal de cada variável foi variado entre 0 e o seu dobro.

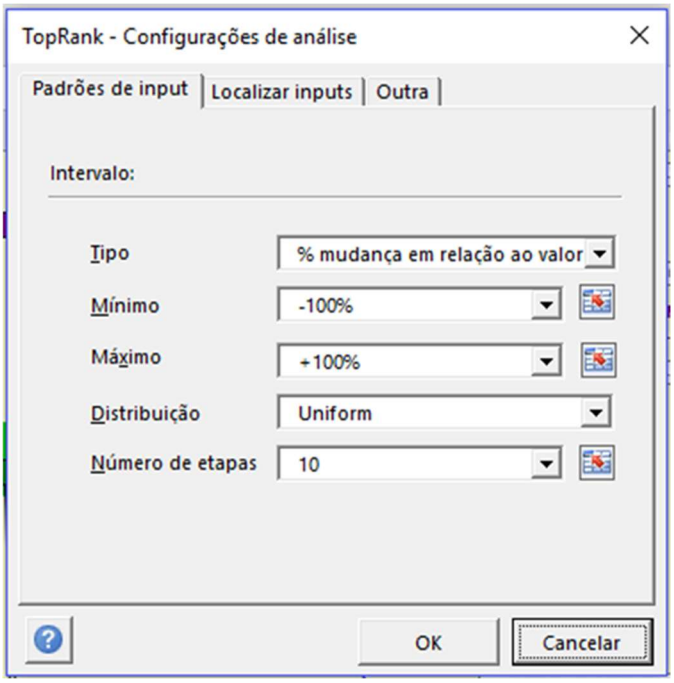


Figura 38 – Configuração de análise de variações pelo TopRank

Apesar da Análise de sensibilidade ter sido realizada para os 12 Ramos possíveis (quando retrabalho atinge nível de qualidade) da Árvore de Decisão, somente os que possuem condição de factos "Verdadeiro" (caminho da árvore) do caso de estudo (com reinspeção e análise de defeito novo), Ramos 1 (Descarte), 5 (Retrabalho com reposição) e 10 (Retrabalho sem reposição) serão apresentados e discutidos abaixo.

Ramo 1 da decisão de descarte

A Figura 39 e a Tabela 51 mostram o nível de influência de cada variável (*input*) no *payoff* do Ramo 1 (*output*), que corresponde à decisão de descarte.

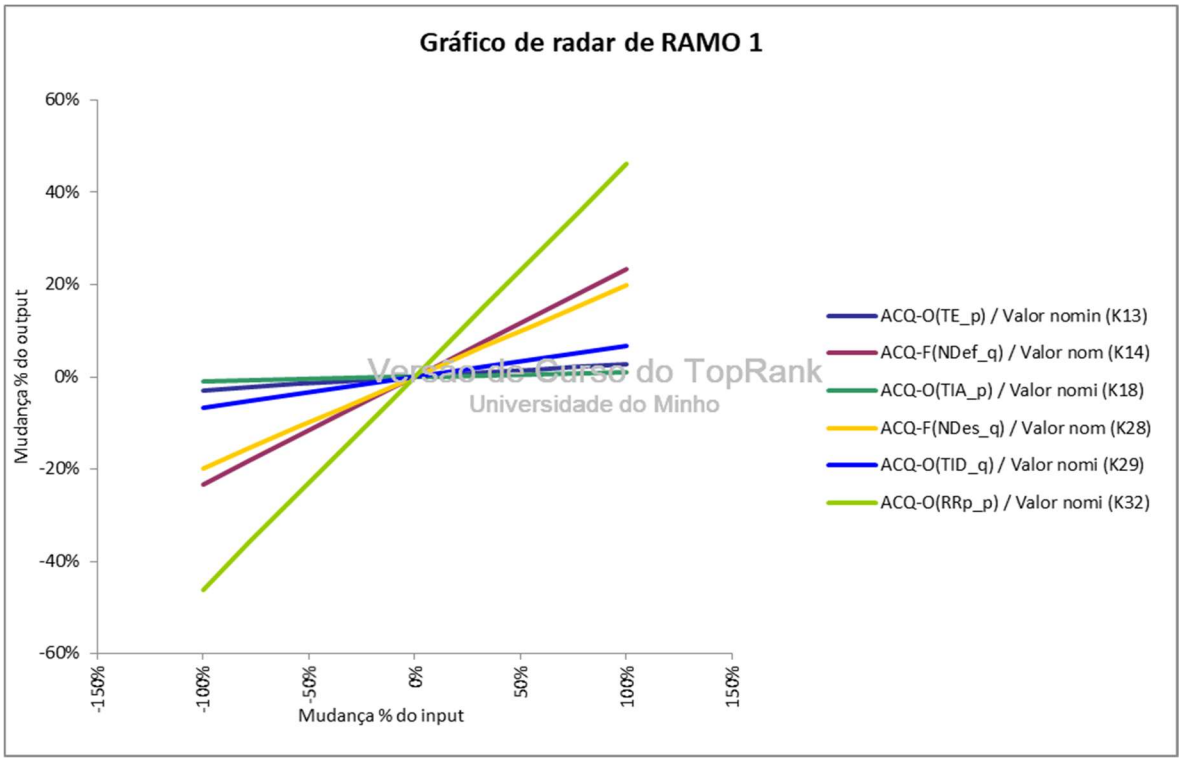


Figura 39 – Gráfico de radar do Ramo 1 gerado pelo TopRank

Tabela 51 – Resumo da análise de variações hipotéticas do RAMO 1

Ordem de influência	Nome do *input* (variável)		Mínimo			Máximo		
			Input (variável)	*Output* (Ramo 1)		*Input* (variável)	*Output* (Ramo 1)	
	Código	Valor base	Valor	Valor	Mudança	Valor	Valor	Mudança
1	ACQ-O(R_{Rp_p})	80.686,76	0	94.350,44	-46,10%	161.374,00	255.723,96	46,10%
2	ACQ-F(N_{Def_q})	41.016,00	0	134.021,20	-23,43%	82.032,00	216.053,20	23,43%
3	ACQ-F(N_{Des_q})	34.727,22	0	140.309,98	-19,84%	69.454,40	209.764,42	19,84%
4	ACQ-O(T_{ID_p})	11.816,74	0	163.220,46	-6,75%	23.633,50	186.853,94	6,75%
5	ACQ-O(T_{E_p})	5.000,00	0	170.037,20	-2,86%	10.000,00	180.037,20	2,86%
6	ACQ-O(T_{IA_p})	1.571,98	0	173.465,22	-0,90%	3.143,96	176.609,18	0,90%

Observa-se que a mínima e a máxima variação do *payoff* do Ramo 1, cerca de ±46%, é causada pelo aumento na utilização de recursos na reposição (ACQ-O(R_{Rp_p})), quando esta variável é variada em ±100%. O valor base (nominal) da variável do critério e os valores absolutos correspondentes à variação percentual das Variáveis dos Critérios (*input*) e correspondente p*ayoff* do Ramo 1 (*output*) são mostrados na Tabela 51.

Ramo 5 da decisão de retrabalho com reposição

A Figura 40 e a Tabela 52 mostram o nível de influência de cada variável (*input*) no *payoff* do Ramo 5 (*output*) que corresponde à decisão de retrabalho com reposição. Observa-se que a mínima e a máxima variação do *payoff* do Ramo 5, cerca de ±87,6%, é causada pelo aumento na utilização de recursos na reposição (ACQ-O(R_{Rp_p})) quando esta variável é variada em ±100%. O valor base (nominal) da variável, os valores absolutos correspondentes à variação percentual das Variáveis dos Critérios (*input*) e correspondente p*ayoff* do Ramo 5 (*output*) são mostrados na Tabela 52.

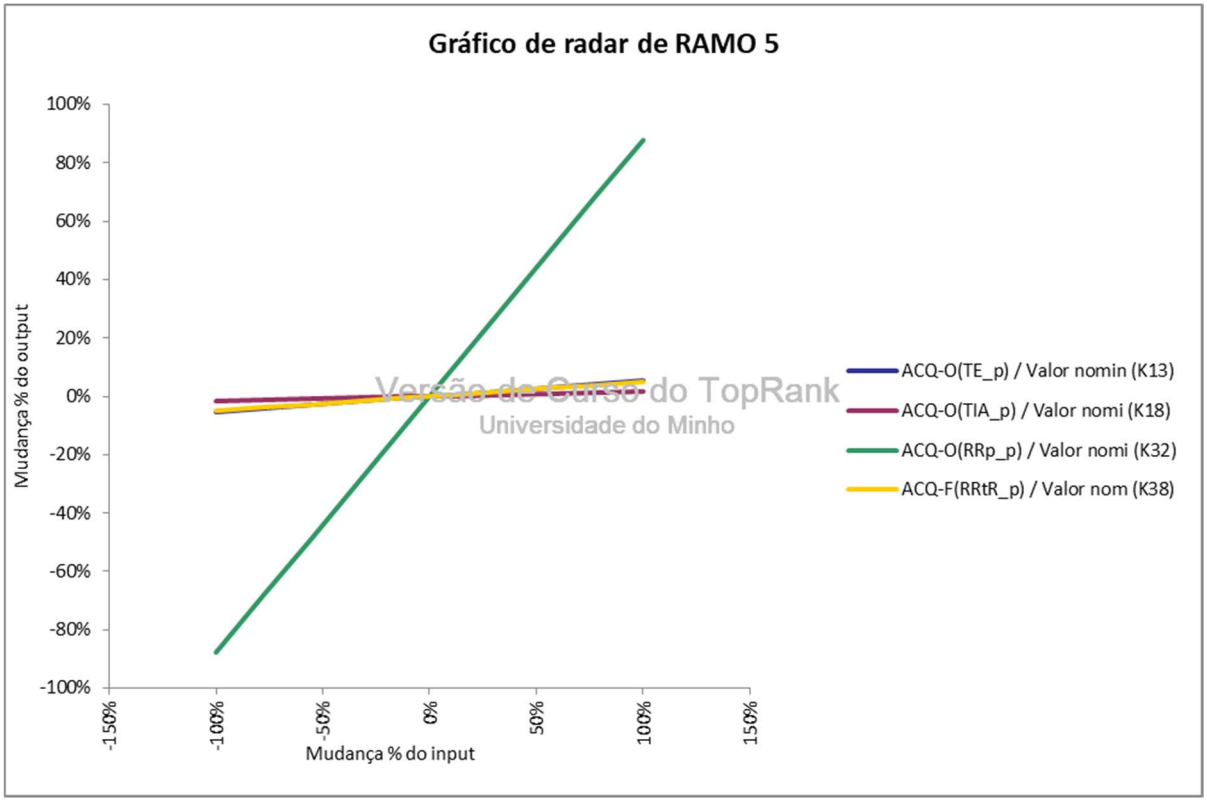


Figura 40 – Gráfico de radar do Ramo 5 gerado pelo TopRank

Tabela 52 – Resumo da análise de variações hipotéticas do RAMO 5

Ordem de influência	Nome do *input* (variável)		Mínimo			Máximo		
			Input (variável)	*Output* (Ramo 5)		*Input* (variável)	*Output* (Ramo 5)	
	Código	Valor base	Valor	Valor	Mudança	Valor	Valor	Mudança
1	ACQ-O(R_{Rp_p})	80.686,76	0	11.423,88	-87,60%	161.373,52	172.797,40	87,60%
2	ACQ-O(T_{E_p})	5.000,00	0	87.110,64	-5,43%	10.000,00	97.110,64	5,43%
3	ACQ-F(R_{RtR_p})	4.633,40	0	87.477,24	-5,03%	9.266,80	96.744,04	5,03%
4	ACQ-O(T_{IA_p})	1.571,98	0	90.538,66	-1,71%	3.143,96	93.682,62	1,71%

Ramo 10 da decisão de retrabalho sem reposição

A Figura 41 e a Tabela 53 mostram o nível de influência de cada variável (*input*) no *payoff* do Ramo 10 (*output*) que corresponde a decisão de retrabalho sem reposição. Observa-se que a mínima e a máxima variação do *payoff* do Ramo 10, cerca de ±70,87%, é causada pelo aumento no tempo de reposição pelo retrabalho (ACQ-O(T_{Rt_p})), quando esta variável é variada em ±100%. O valor base (nominal) da variável do critério e os valores absolutos correspondentes à variação percentual das variáveis dos critérios (*input*) e correspondente p*ayoff* do Ramo 10 (*output*) são mostrados na Tabela 53.

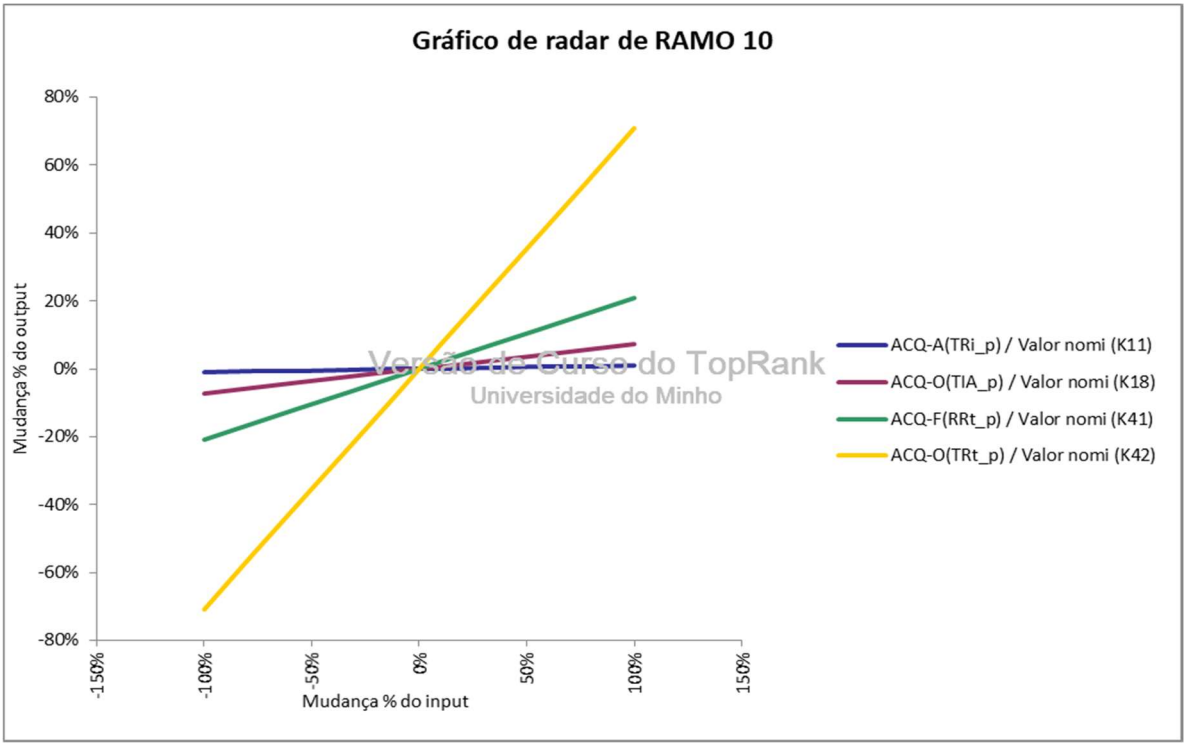


Figura 41 – Gráfico de radar do Ramo 10 gerado pelo TopRank

Tabela 53 – Resumo da análise de variações hipotéticas do RAMO 10

Ordem de influência	Nome do *input* (variável)		Mínimo			Máximo		
			Input (variável)	*Output* (Ramo 10)		*Input* (variável)	*Output* (Ramo 10)	
	Código	Valor base	Valor	Valor	Mudança	Valor	Valor	Mudança
1	ACQ-O(T_{Rt_p})	15.625,00	0	6.423,88	-70,87%	31.250,00	37.673,88	70,87%
2	ACQ-F(R_{Rt_p})	4.633,40	0	17.415,48	-21,01%	9.266,80	26.682,28	21,01%
3	ACQ-O(T_{IA_p})	1.571,98	0	20.476,90	-7,13%	3.143,96	23.620,86	7,13%
4	ACQ-A(T_{Ri_p})	218,50	0	21.830,38	-0,99%	437,00	22.267,38	0,99%

6.3.2 Conclusões e considerações ao caso de estudo

A Tabela 54 e o gráfico da Figura 42 apresentam um resumo comparativo das variações hipotéticas de cada Ramo e Decisão com variação percentual, valores nominais, máximos e mínimos, e, a variável mais influente. Verifica-se que com as variações hipotéticas (sensibilidade), o Ramo 5 (em vermelho) poderia ter sido selecionado (Decisão de retrabalho com reposição), caso o valor da variável mais influente fosse zero. Pois, o Ramo 5 atende a condição de factos "Verdadeiro" e possui valor mínimo menor do que o valor nominal do Ramo 10 (azul). Entretanto, o valor mínimo do Ramo 10 é menor do que no Ramo 5.

Tabela 54 – Resumo da análise de variações hipotéticas dos Ramos e Decisões

Decisão	Valor Recolhido			Análise de variações hipotéticas			
	Ramo	Valor nominal ou médio (R$)	Condição de Factos	Valor máximo (R$)	Valor mínimo (R$)	Variação percentual (±)	Variável mais influente
Descarte	Ramo 1	175.037,20	Verdadeiro	255.723,96	94.350,44	46,10%	ACQ-O(R_{Rp_p})
	Ramo 2	174.818,70	Falso	255.505,46	94.131,94	46,15%	ACQ-O(R_{Rp_p})
	Ramo 3	173.465,22	Falso	254.151,98	92.778,46	46,51%	ACQ-O(R_{Rp_p})
	Ramo 4	173.246,72	Falso	253.933,48	92.559,96	46,57%	ACQ-O(R_{Rp_p})
Retrabalho com reposição	Ramo 5	92.110,64	Verdadeiro	172.797,40	11.423,88	87,60%	ACQ-O(R_{Rp_p})
	Ramo 6	91.892,14	Falso	172.578,90	11.205,38	87,81%	ACQ-O(R_{Rp_p})
	Ramo 7	90.538,66	Falso	171.225,42	9.851,90	89,12%	ACQ-O(R_{Rp_p})
	Ramo 8	90.320,16	Falso	171.006,92	9.633,40	89,33%	ACQ-O(R_{Rp_p})
Retrabalho sem reposição	Ramo 10	22.048,88	Verdadeiro	37.673,88	6.423,88	70,87%	ACQ-O(T_{Rt_p})
	Ramo 11	21.830,38	Falso	37.455,38	6.205,38	71,57%	ACQ-O(T_{Rt_p})
	Ramo 12	20.476,90	Falso	36.101,90	4.851,90	76,31%	ACQ-O(T_{Rt_p})
	Ramo 13	20.258,40	Falso	35.883,40	4.633,40	77,13%	ACQ-O(T_{Rt_p})

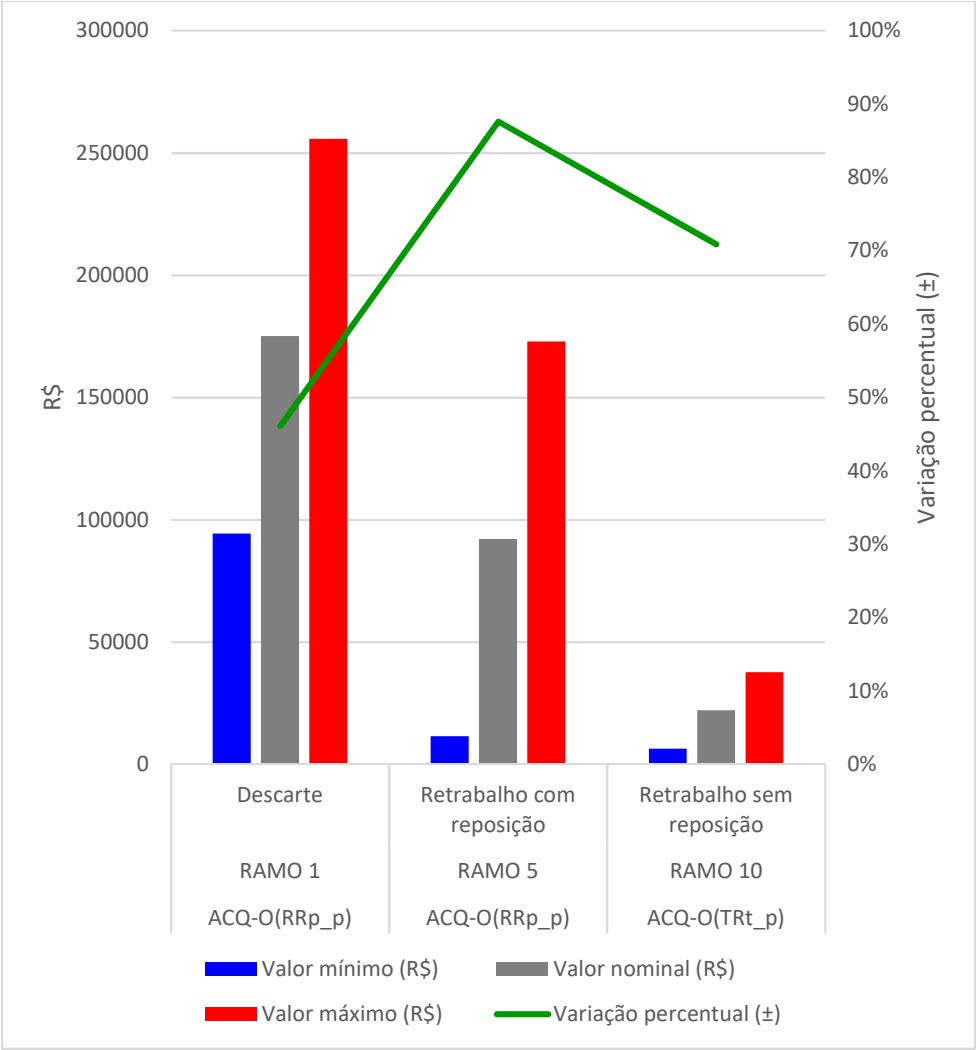


Figura 42 – Gráfico de resumo da análise de variações hipotéticas das decisões

O gráfico da Figura 43 mostra que a Variável ACQ-O(R_{Rp_p}) tem potencial de mudar a decisão de retrabalho sem reposição para retrabalho com reposição, desde que seu valor fosse até 13% (10.625,00/80.686,76) do nominal (80.686,76 conforme Tabelas 51 e 52). Pois, 10.625,00 (13%) somado ao valor esperado mínimo da decisão de retrabalho com reposição (11.423,88) corresponde a um valor esperado igual da decisão de retrabalho sem reposição, ou seja, 10.625,00 + 11.423,88 é igual a 22.048,88. A respectiva variável não é somada ao valor esperado da decisão de retrabalho sem reposição, então, seu valor permanece constante (22.048,88). Entretanto, apesar de mais influente no valor esperado das opções de descarte e retrabalho com reposição, influencia de forma proporcional ambas opções de decisão que possuem a mesma variável somada ao valor esperado.

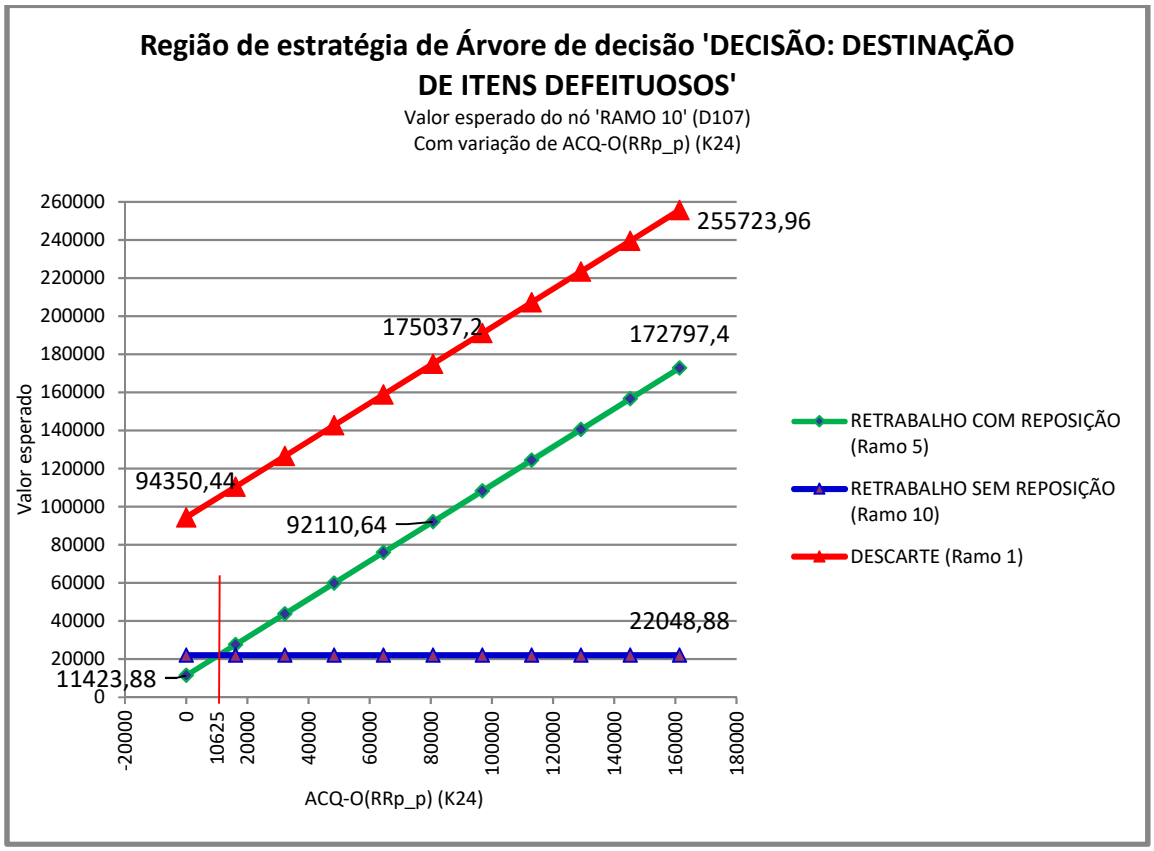


Figura 43 – Gráfico de sensibilidade da Variável ACQ-O(R_{Rp_p})

O gráfico da Figura 44 mostra que a Variável ACQ-O(T_{Rt_p}), apesar de mais influente no valor esperado da opção de decisão retrabalho sem reposição, não tem potencial de mudar a decisão. A respectiva variável não é somada ao valor esperado das opções de descarte e retrabalho com reposição, então, seus respectivos valores permanecem constantes (175.037,20 e 92.110,64).

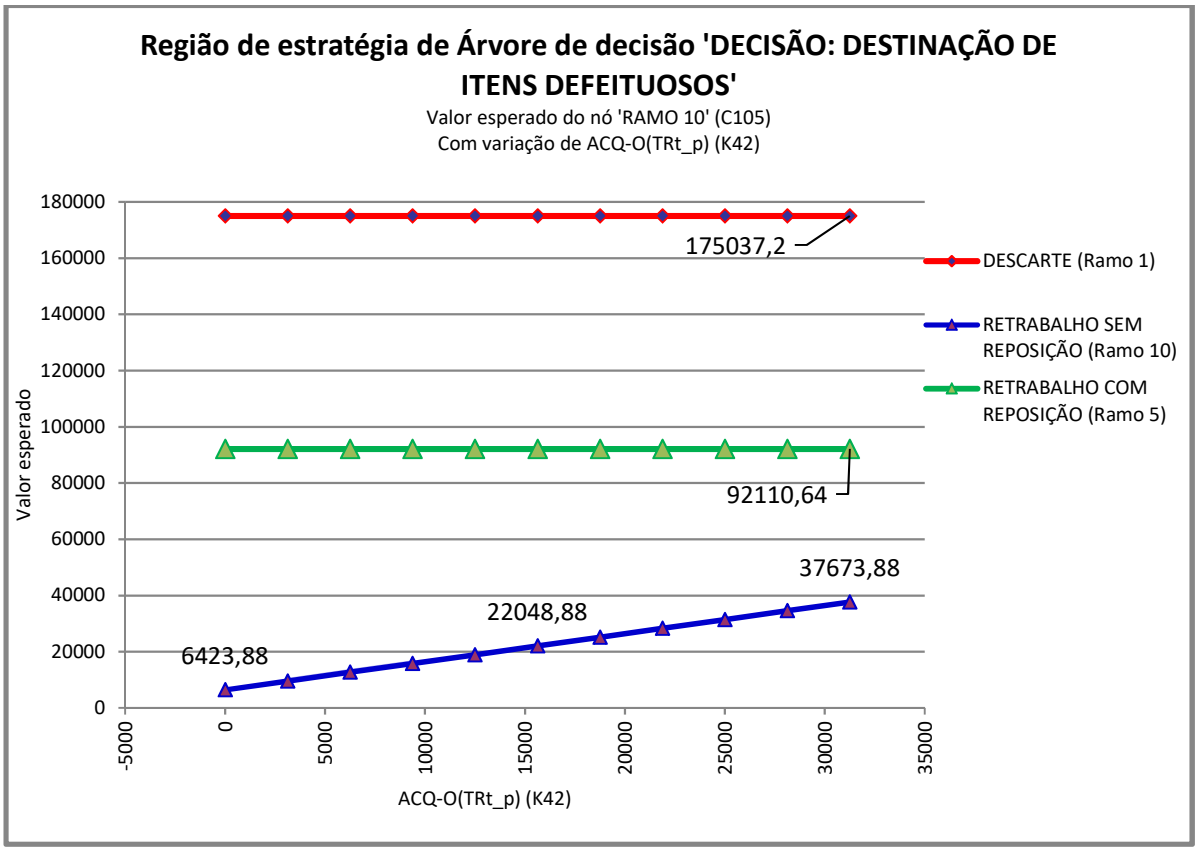


Figura 44 – Gráfico de sensibilidade da Variável ACQ-O(T_{Rt_p})

A partir da análise dos resultados do caso de estudo extraem-se as seguintes conclusões:

- ✓ Para repor os itens defeituosos foi preciso fabricar novamente as peças, desde soldagem e pintura, em regime extraordinário de trabalho, aumentando os custos com recursos na reposição (ACQ-O(R_{Rp_p})). Mesmo sem esses custos (ACQ-O(R_{Rp_p})), a decisão de descarte tem custo elevado, pois o item defeituoso tem um valor agregado elevado (ACQ-F(N_{Def_q}) = 23,4%), tendo custos de desmontagem também elevados (ACQ-F(N_{Des_q}) = 19,8%). Cerca de 43% dos custos da decisão de descarte correspondem ao nível de valor agregado do item defeituoso e da utilização de recursos no descarte (desmontagem = hora extra com mão de obra). Então, uma inspeção eficaz, antes da montagem, reduziria esses custos quando problemas similares ocorressem.
- ✓ Os custos com recursos na reposição são ainda mais representativos na decisão de retrabalho com reposição (88% em média de (ACQ-O(R_{Rp_p})) do que na decisão de

descarte. Se os custos com reposição não fossem tão altos, a decisão de retrabalho com reposição seria de menor custo (valor mínimo do Ramo 5 = 11423,88 contra valor nominal do Ramo 10 = 22048,88). O Ramo 5 corresponde comparativamente ao Ramo 10 (com reinspeção de lote e necessário análise devido defeito novo – coluna Condição de Factos igual a "Verdadeiro" da Tabela 50). O defeito foi detectado num estágio muito avançado da manufatura em relação ao processo de origem. Então, uma inspeção eficaz é recomendada após os processos de soldagem, a fim de minimizar os custos de reposição. A inspeção existe, mas não foi eficaz na detecção, então, propõe-se revisão e melhoria do método.

- ✓ Os custos com aumento no tempo de reposição pelo retrabalho (ACQ-O(T_{Rt_p})) são os de maior influência na decisão de retrabalho sem reposição (média de 74%), devido a elevados custos logísticos com atrasos que a empresa possui. Esse custo foi estimado considerando que o retrabalho iniciou imediatamente após a análise do problema, o que o minimiza. Com o dobro do custo no tempo de reposição pelo retrabalho (ACQ-O(T_{Rt_p}) +100%) e até 30% ((80.686,76x0,3)=24.206,00)+11.423,88 = 35.629,90 que é menor do que 37.673,88 do valor máximo do Ramo 5) dos custos com recursos na reposição (ACQ-O(R_{Rp_p})), a melhor decisão seria retrabalho com reposição. Esse aumento no tempo de reposição pelo retrabalho (ACQ-O(T_{Rt_p})) é promovido na empresa por altos custos logísticos com atrasos. Então, propõe-se para problemas similares posteriores, onde exista um elevado nível de valor agregado e altos custos com utilização de recursos na reposição, que seja realizado o retrabalho sem reposição. Este retrabalho sem reposição deve ser feito imediatamente após a verificação de que o retrabalho atinge o nível de qualidade requerida, para minimizar o aumento nos custos de reposição pelo retrabalho. O regime extraordinário de trabalho visa evitar custos com indisponibilidade de recursos, ao utilizá-los durante o horário normal de produção. Entretanto, se houver ociosidade dos meios de produção, então, realizar durante expediente.
- ✓ Neste caso de estudo, os custos com reinspeção e análise não são significativos. Em outros problemas similares pode-se usar o histórico existente, o que minimiza esse custo. O histórico de análises anteriores auxilia na melhoria e redução dos custos da qualidade.

6.4 Avaliação e validação do Modelo de Decisão

Com base nos resultados do caso de estudo, apresentam-se os pontos de avaliação e validação do Modelo de Decisão:

- ✓ Verificou-se que a decisão de destinação de itens defeituosos compreende várias etapas interligadas e sequenciadas que exigem decisões intermediárias, levantamento de factos e informações, planeamento e execução de ações, com consequências e efeitos relacionados.
- ✓ O Modelo direcionou a identificação e contabilização dos efeitos e custos associados a itens defeituosos na indústria.
- ✓ A aplicação do Modelo exigiu conhecimento sobre o defeito a nível de determinar se o retrabalho atinge a qualidade requerida.
- ✓ O Modelo permitiu identificar e comparar, dentro das características do caso de estudo, os aspectos relacionados aos prazos e atrasos na entrega, para identificar e estimar perdas com aumento nos custos da qualidade, através das Variáveis dos Critérios nas alternativas.
- ✓ O Modelo permitiu identificar e comparar, dentro das características do caso de estudo, os aspectos relacionados aos custos com oportunidade perdida na entrega, análise, descarte e reposição de itens defeituosos, principalmente encargos logísticos pelo atraso, indisponibilidade de recursos, horas-extras e uso de matéria-prima adicional. Verificou-se que o tipo e o nível dos custos de oportunidade perdida dependem principalmente das características do sistema de manufatura, como o nível de stocks (quantidades de produtos sem cliente certo), operações logísticas, nível de capacidade produtiva utilizada e condições de fornecimento. O caso de estudo apresentou custos de oportunidade elevados, podendo justificar e motivar investimentos em melhorias da qualidade com ações de prevenção de defeitos ou outras mudanças de estratégia no sistema de manufatura.
- ✓ No Modelo não foi exigido o preenchimento de todas as Variáveis dos Critérios e possibilitou estimar os não evidentes, adaptando-se a limitações e situações específicas da realidade.

- ✓ O Modelo permitiu utilizar medidas de custos disponíveis na empresa para alimentar as Variáveis dos Critérios.
- ✓ O Modelo permitiu utilizar a composição dos custos unitários dos produtos para identificar e estimar o aumento nos efeitos e nos custos da qualidade dos itens defeituosos.
- ✓ O Modelo permitiu indicar a necessidade de um maior conhecimento sobre o detalhamento na composição dos custos dos produtos, a fim de identificar com maior precisão as perdas e oportunidades de melhoria na gestão e destinação de itens defeituosos.
- ✓ O Modelo permitiu indicar melhorias nos métodos e pontos de inspeção a fim de minimizar perdas que foram identificadas no caso de estudo.
- ✓ O Modelo permitiu promover conhecimento e aprendizagem na organização sobre seu desempenho nos custos da qualidade e na gestão da destinação de itens defeituosos, quando auxiliou na identificação de efeitos na qualidade, produtividade e custos causados pelos itens defeituosos.
- ✓ No caso de estudo, o Modelo mostrou-se de fácil compreensão e utilização, através do Fluxo de Análise da Decisão, Árvore de Decisão e Tabela de dados, apesar da dificuldade em obter a composição dos valores de custos com itens defeituosos.
- ✓ O Modelo mostrou-se adaptado e ajustado a decisão de destinação de itens defeituosos com duplo objetivo de promover o menor custo e a qualidade.
- ✓ A contabilização das Variáveis dos Critérios a partir de uma sequência de decisões, factos e efeitos permite comparar as 3 alternativas do Modelo a partir de seus valores nominais ou médios. Depois, as alternativas são comparadas por uma análise de sensibilidade, da influência de variações nos valores das Variáveis dos Critérios, na Decisão de destinação dos itens defeituosos. A análise da influência das variações dos valores das Variáveis dos Critérios na Decisão foi realizada por simulação com o *Software* TopRank.
- ✓ O Modelo foi satisfatoriamente auxiliado pelos pacotes de *Software* PrecisionTree e TopRank na análise de decisão através do processamento, análise e comparação das alternativas e resultados. A Árvore de Decisão do Modelo foi “transplantada” para o

Software PrecisionTree e auxiliada por uma planilha de *input* das Variáveis dos Critérios. O *Software* TopRank auxiliou nas simulações de variações hipotéticas dos valores das Variáveis dos Critérios (análise de sensibilidade) e os resultados da influência das variações no valor esperado das alternativas, através de relatórios e gráficos, permitindo retirar conclusões importantes acerca do caso de estudo.

- ✓ Verifica-se que o Modelo permite melhorar a eficácia na gestão e destinação de itens defeituosos quando indica a melhor alternativa de destinação, considerando os resultados da análise realizada para promover o menor custo e a qualidade.
- ✓ Verifica-se que o Modelo permite melhorar a eficácia na gestão e destinação de itens defeituosos quando estabelece uma metodologia específica para o desenvolvimento das ações, recolha de dados e informações para o processo de decisão.
- ✓ O Modelo permitiu visualizar os resultados imediatamente após o seu preenchimento ou alteração de dados da planilha de *input*.
- ✓ O Modelo permitiu indicar o menor custo e a qualidade através da comparação das alternativas, considerando os critérios qualitativos e quantitativos identificados, e, da hierarquia sequencial estruturada do levantamento de factos e dados.
- ✓ Verifica-se que o resultado da análise do Modelo indica decisão diferente daquela efetivamente tomada pela indústria. Então, considerando a diferença de valores nas decisões, houve R$ 70.061,76 (diferença entre o valor *payoff* R$ 92.110,64 do Ramo 5 da decisão de retrabalho com reposição realizada pela empresa e do valor *payoff* R$ 22.048,88 do Ramo 10 da decisão de retrabalho sem reposição selecionada pelo Modelo, conforme Tabela 50) de perda de lucro com a não minimização dos custos da qualidade na destinação dos itens defeituosos.
- ✓ Os critérios e alternativas do Modelo representaram satisfatoriamente o caso de estudo com pequenos ajustes e melhorias identificados na Seção 6.3.
- ✓ Verifica-se no Modelo um método adaptado à teoria de custos da qualidade e à realidade existente à qual se destina.

6.5 Conclusões e considerações

Os custos da qualidade são o resultado do planeamento e controle da qualidade com atividades de prevenção, avaliação e falhas, porque variações, falhas e defeitos são inerentes aos processos de fabricação. Os custos da qualidade com falha e defeitos são os mais significativos, mas podem ser minimizados na gestão da destinação dos itens defeituosos. Os custos da qualidade com falhas e defeitos dependem principalmente das características da manufatura, aspectos logísticos, prazos de entrega, tipo de produto e defeito, nível de capacidade produtiva utilizada e nível de valor agregado.

A análise de defeitos e falhas relativos a itens defeituosos da manufatura é indispensável para sustentabilidade da gestão da qualidade. Entretanto, a decisão da destinação de itens defeituosos mostrou-se abrangente, requerendo a identificação dos efeitos relacionados e respectivos aumentos de custo. O processo de análise da decisão se dá por etapas sequenciadas de planeamento e execução de ações, levantamento de factos e dados relativos a tempos, prazos, custos e tomada de decisão. Trata-se de um processo sistemático de gestão que visa promover o menor custo e a qualidade requerida.

A gestão da destinação de itens defeituosos compreende promover o menor custo do defeito, cumprindo com requisitos técnicos (qualidade), assim como melhorar o conhecimento sobre a qualidade dos processos, os pontos de perda e as oportunidades de melhoria.

As vantagens na implementação do Modelo não estão relacionadas somente com uma decisão específica. A análise promove conhecimento sistemático para melhorar a identificação e contabilização dos efeitos e factos, auxiliando em outras decisões e identificando de pontos de melhoria nos processos e na qualidade. Permite aprender e rever níveis de qualidade estabelecidos, promove conhecimento sobre os problemas e efeitos, estimulando a melhoria contínua dos processos.

O Modelo de Decisão apresentado foi desenvolvido com base na teoria dos custos da qualidade e de modelos de tomada de decisão, considerando os aspectos práticos da realidade, através de recolha de dados, observação e vivência. Trata-se de um Modelo ajustado à realidade e que auxilia na construção do processo de decisão, indicando o levantamento de factos e dados e o planeamento das ações para escolha da melhor

alternativa. O Modelo transforma uma decisão não programada e desestruturada numa sistemática e objetiva.

Verifica-se que o Modelo permitiu propor a redução do custo da qualidade através da gestão de destinação dos itens defeituosos. Considerou nesta análise os custos diretos dos produtos e das falhas, indiretos de avaliação, e, de oportunidade perdida, a partir do aumento de efeitos na qualidade e na produtividade, promovidos pelos itens defeituosos.

7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões e considerações finais desta tese e está organizado de acordo com as questões e objetivos específicos de investigação da seguinte forma:

7.1 Apresenta as conclusões relacionadas às Práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM, que envolvem duas questões e dois objetivos de investigação. Aborda a decisão e os critérios de destinação verificados com recolha de dados;

7.2 Apresenta as conclusões relacionadas ao Desenvolvimento do Modelo de Decisão, que envolvem uma questão e um objetivo de investigação, referentes a propor um modelo de decisão;

7.3 Apresenta as conclusões relacionadas ao Teste do Modelo de Decisão, que envolvem uma questão e um objetivo de investigação, referentes a comparar as práticas atuais com a promoção do menor custo e da qualidade;

7.4 Apresenta as conclusões relacionadas com a Validação do Modelo de Decisão que envolvem as contribuições, vantagens e limitações da utilização do Modelo;

7.5 Apresenta os aspectos relevantes e necessários de trabalhos futuros.

7.1 Práticas industriais de destino das unidades defeituosas do PIM

7.1.1 Destinação de itens defeituosos

Esta seção visa apresentar as conclusões e considerações finais relativas à seguinte questão e objetivo específico de investigação:

Questão de investigação: Qual é o destino que as indústrias de produção em massa no segmento de moto peças dão aos produtos acabados, produtos intermediários, subprodutos e componentes defeituosos?

Objetivo específico de investigação: Identificar a realidade das indústrias de produção em massa do segmento de moto peças quanto à decisão de destinação de produtos defeituosos.

Conforme a pesquisa de recolha de dados realizada, as empresas do PIM descartam ou retrabalham seus produtos defeituosos, influenciados pelo custo e pela qualidade. No entanto, não foi possível identificar o uso de um método sistemático de identificação, quantificação e contabilização de custos em relação à qualidade.

Verifica-se que o retrabalho foi realizado quando atingia a qualidade requerida e o custo do retrabalho estimado era menor do que substituir o item defeituoso destinado ao descarte. Quando uma das condições anteriores não foi atendida, o item defeituoso foi descartado.

Entretanto, em 33% dos casos, a qualidade foi uma limitação ao retrabalho, ou seja, o retrabalho não atingiria a qualidade requerida. Em 17% dos casos, a falta de recursos e métodos para o retrabalho impediu o mesmo de ser realizado.

A escolha da estratégia de reposição é uma consequência da decisão de destino. Quando o descarte é sistematizado por limitações de outros fatores, a reposição foi antecipada com base na taxa de defeito. Quando uma decisão de retrabalho prevaleceu, a estratégia adotada para repor os itens defeituosos foi o regime de horas extras no final do dia de trabalho.

7.1.2 Critérios de decisão

Esta seção visa apresentar as conclusões e considerações finais relativas a seguinte questão e objetivo específico de investigação:

Questão de investigação: Quais são os critérios e as metodologias que as indústrias a estudar usam para tomar a decisão relativamente aos produtos defeituosos?

Objetivo específico de investigação: Definir critérios de decisão.

Os critérios com maior influência na decisão de destinação são os custos de retrabalho e descarte, tempo disponível para retrabalho e substituição. Os tempos têm impacto nos prazos e, consequentemente, na satisfação do cliente.

O alto valor agregado do item defeituoso favorece o retrabalho, se outros fatores não estiverem presentes na decisão, como quando o retrabalho não atinge a qualidade requerida ou o descarte tem menor custo.

Os custos de retrabalho são influenciados pelos tempos de retrabalho e favorecem uma das opções de decisão.

O custo do descarte favorece uma das opções de decisão, se outros fatores não estiverem presentes, como quando o retrabalho não atinge a qualidade.

Um defeito novo requer análise para a decisão. A análise do defeito causa efeitos na produtividade e no custo da qualidade.

A inspeção de amostra de lote pode exigir a reinspeção ou a seleção de itens defeituosos de um lote.

O valor agregado do item defeituoso deve ser considerado como um critério na decisão de destino. Então, deve-se identificar e contabilizar o número de itens com defeito e os respectivos efeitos, na produtividade e nos custos da qualidade.

A qualidade requerida é um pressuposto à realização do retrabalho. Então, a comparação das opções de retrabalho e descarte devem ser realizadas somente se o retrabalho atinge o nível de qualidade desejado.

A necessidade de adquirir recursos ou métodos para o retrabalho deve ser contabilizada na decisão de destino. Então, deve-se identificar e contabilizar o aumento no uso de recursos e listar os efeitos na produtividade, qualidade e nos custos.

Os custos de descarte do item com defeito devem ser contabilizados na decisão de destino. Então, deve-se identificar e contabilizar os custos do descarte de itens defeituosos, considerando os respectivos efeitos na produtividade, qualidade e custo.

A estratégia de reposição não influencia a decisão de destino. No entanto, pode minimizar os efeitos na produtividade e no custo da qualidade. Então, deve-se identificar e contabilizar os efeitos da reposição na produtividade, qualidade e custo.

Os principais requisitos de um modelo de decisão, identificados na fase de recolha de dados, são comparar as opções de retrabalho e descarte e identificar a melhor decisão, somente se o retrabalho atingir o nível de qualidade exigido. Permite também identificar e contabilizar os efeitos de itens defeituosos em qualidade, produtividade e custos, considerando reinspeção, análise do defeito, reposições, retrabalhos, descartes, tempos e prazos. A reposição deve ser possível em quaisquer opções de destino.

7.2 Desenvolvimento do Modelo de Decisão

Esta seção visa apresentar as conclusões e considerações finais relativas a seguinte questão e objetivo específico de investigação:

Questão de investigação: Como se pode definir um sistema de apoio à decisão relativamente à destinação de produtos defeituosos?

Objetivo específico de investigação: Propor um modelo de decisão.

A teoria de custos de qualidade não destaca a minimização de custos de falhas através de uma análise de decisão que suporta a identificação dos efeitos e critérios, bem como na contabilização e comparação destes critérios de custos de qualidade. Assim, uma relação sistemática de efeitos, de itens com defeito, na qualidade e produtividade, contribuí para uma melhor identificação, contabilidade e comparação de custos.

O Modelo de apoio à tomada de decisão proposto nesta tese está caracterizado por um Fluxo da Análise de Decisão (Figura 30) e uma Árvore de Decisão (Figura 34) com as respectivas descrições detalhadas. O Fluxo da Análise de Decisão identifica os critérios de decisão (diferentes custos da qualidade) a partir de uma análise abrangente de efeitos provocados por decisões e ações inerentes ao tratamento de itens defeituosos na manufatura. A Árvore de Decisão foi inserida no *Software* PrecisionTree a fim de melhorar e agilizar o processamento de dados e análises específicas permitidas pelo *software*.

O processo de decisão proposto pelo modelo envolve 12 ações, 8 efeitos na qualidade, 15 efeitos na produtividade e um total de 19 variáveis de critério de decisão, identificados em 8 etapas. Duas etapas (5 e 6) são auxiliadas pela árvore de decisão que condensa as 19 variáveis, combinando e comparando seus respectivos valores. O Modelo proposto é simples de ser operado, pois, basta que quantidades de itens, tempos e principalmente custos, sejam inseridos numa tabela de planilha do Excel. Matematicamente trata-se da soma das variáveis dos critérios identificados pelas etapas e caminhos do Fluxo da Análise de Decisão.

Três opções de decisão são possíveis pelo Modelo de Decisão: descarte, retrabalho com reposição ou retrabalho sem reposição.

No Modelo de Decisão, os itens defeituosos devem ser segregados (retirados do fluxo produtivo planeado) para que as decisões sejam tomadas e as ações sejam planeadas e

executadas. A decisão deve ser baseada em factos, dados e evidências existentes na empresa. A decisão e ações visam promover o menor custo e a o cumprimento dos requisitos técnicos, para obter a qualidade requerida.

Com base no conhecimento da empresa, deve-se estimar se o retrabalho suposto pode atingir o nível de qualidade requerida pelo planeamento da qualidade.

O Modelo permite selecionar a opção que promova o menor custo e a qualidade a partir da comparação dos valores resultantes entre as 3 opções.

A Árvore de Decisão do Modelo auxilia na contabilização e comparação dos agrupamentos de valores totais dos critérios de custos da qualidade. O Modelo de Decisão é indicado para aplicação na produção industrial de larga escala de produtos e processos padronizados, incluindo controle de qualidade e inspeções.

A identificação de itens defeituosos pode comprometer o planeamento produtivo inicial, promovendo efeitos na qualidade. Os efeitos na qualidade são caracterizados pelo aumento ou atualização das quantidades de itens envolvidos e outros específicos que se queira incluir. Os efeitos na produtividade são caracterizados pelo aumento ou atualização de tempos e maior utilização de recursos envolvidos nas ações. Os efeitos nos custos estão relacionados e são identificados pelo Modelo de Decisão como consequência dos efeitos na qualidade e produtividade. Os efeitos nos custos são caracterizados pelo aumento ou atualização nos custos da qualidade em 3 categorias: Falha, Avaliação e Oportunidade.

7.3 Teste do Modelo de Decisão

Esta seção visa apresentar as conclusões e considerações finais relativas a seguinte questão e objetivo específico de investigação:

Questão de investigação: As práticas atuais da indústria a estudar promovem o menor custo e a qualidade?

Objetivo específico de investigação: Testar o modelo através de sua aplicação em caso de decisão na indústria a estudar e comparar com suas práticas atuais quanto a essa decisão.

O Teste e validação do Modelo de Decisão foi realizado através de um estudo de caso de decisão de destinação de itens defeituosos em uma empresa do PIM. A recolha das

informações e dados para *input* no Modelo de Decisão ocorreu diretamente com os responsáveis dos processos. Optou-se por um problema que envolvesse a maior quantidade de informações disponíveis e nível de complexidade abrangente.

O Modelo permite indicar o menor custo e a qualidade através da comparação das alternativas, considerando os critérios qualitativos e quantitativos identificados, e, da hierarquia sequencial estruturada do levantamento de factos e dados.

Verifica-se diferença na decisão tomada pela empresa no caso de estudo e o resultado pela Análise de Decisão do Modelo. Então, considerando a diferença de valores nas decisões, houve (cerca de R$ 70.061,76) perda de lucro com a não minimização dos custos da qualidade na destinação dos itens defeituosos. Na prática a decisão da empresa é intuitiva, sem uma avaliação mais detalhada e sistemática. Optam por repor e depois avaliam a possibilidade de retrabalhar. Isto explica-se pelos altos custos logísticos com atrasos e não possuírem stocks normalmente. A reposição é realizada em regime extraordinário de trabalho imediatamente após a segregação de itens defeituosos (no fim do turno do dia) o que promove aumento significativo de custos. Assim como, no estudo de caso complementar apresentado no Apêndice V, verifica-se que o resultado da análise do Modelo indica decisão diferente daquela efetivamente tomada pela indústria. Então, considerando a diferença de valores nas decisões, houve (R$ 73.109,68) de perda de lucro com a não minimização dos custos da qualidade na destinação dos itens defeituosos.

7.4 Validação do Modelo de Decisão

Esta seção visa apresentar as conclusões e considerações finais relativas a seguinte questão e objetivo específico de investigação:

Questão de investigação: Quais vantagens, desvantagens e limitações da utilização de um modelo sistemático de decisão?

Objetivo específico de investigação: Identificar uma real redução nos custos da falha nos custos totais da qualidade.

7.4.1 Contribuições

O Modelo de Decisão apresentado foi desenvolvido com base na teoria dos custos da qualidade e de modelos de tomada de decisão, considerando os aspectos práticos da realidade através de recolha de dados, observação e vivência. Trata-se de um Modelo de Decisão ajustado à realidade e que auxilia na construção do processo de decisão, indicando o levantamento de factos e dados e o planeamento das ações para escolha da melhor alternativa.

Grande parte dos trabalhos voltados à análise e implementação dos modelos de custos da qualidade utilizam a base do Modelo PAF e a hipótese de que investimentos em prevenção e avaliação promovem redução dos custos de falhas. Não destacam a análise da destinação de produtos defeituosos, considerando os custos diretos, indiretos, e de oportunidade perdida para cada opção de destinação (descarte ou retrabalho com e sem reposição). Além disso, não há trabalhos que utilizam métodos ou modelos de decisão com identificação, contabilização e avaliação de efeitos e critérios de qualidade, produtividade e custo para definir a destinação de itens defeituosos da manufatura.

Seguem-se as contribuições específicas desta pesquisa em relação a outros trabalhos publicados, apresentados na Tabela 55:

- ✓ Especifica uma lista sequenciada e estruturada de ações, efeitos e custos associados a itens defeituosos.
- ✓ Permite uma abordagem mais completa e abrangente em relação aos custos da qualidade com falhas, incluindo vários elementos de custos de oportunidade perdida como atrasos na entrega, indisponibilidades de recursos e impactos ambientais.
- ✓ Permite minimizar os custos da qualidade com falhas, e, consequentemente reduzir os custos totais da qualidade, sem necessariamente investimentos em prevenção e avaliação.
- ✓ Descreve a utilização e aplicação da teoria construída, na realidade da gestão da destinação de itens defeituosos da indústria.
- ✓ Permite identificar quais variáveis ou elementos de custo da qualidade são mais representativos na existência de itens defeituosos (análise de sensibilidade).

- ✓ Indica melhorias na posição dos pontos de detecção de defeitos da manufatura e na gestão de eventuais futuros itens defeituosos.

Tabela 55 – Trabalhos publicados com suposta limitação e contribuição desta pesquisa

Trabalho publicado	Descrição das relações
(Duarte et al., 2016)	Abordagem teórica matemática superficial em relação à prática de composição dos custos da qualidade. Não cita uma estrutura, refere-se ao PAF de maneira sucinta. Concluí que se deve investir para evitar falhas e que os custos com falhas são os mais significativos.
(Holota et al., 2016)	Não apresenta uma análise completa sobre o levantamento dos custos da qualidade. Foca na máxima do PAF, aumento de prevenção e redução dos custos de falha.
(Malik et al., 2016)	Apresenta um procedimento de implementação de um programa de custos da qualidade que utiliza a base de elementos do PAF. O procedimento proposto é genérico e deixa a cargo da empresa identificar e classificar as categorias de custos. Os elementos mencionados, após a implementação, nos custos de falhas internas, são genéricos como descarte e retrabalho sem qualquer composição específica ou detalhada.
(Plewa et al., 2016)	O trabalho propõe testar a formulação dos modelos clássico e moderno do PAF, construindo hipóteses e testando-as com dados recolhidos por questionários. O trabalho contesta a hipótese da teoria do PAF que investimentos em prevenção e avaliação correspondem a maior nível de qualidade e redução de custos de falha. Entretanto, a proposta é limitada na abrangência dos custos de falhas pelo questionário elaborado.
(Lim et al., 2015)	Um problema de otimização dos custos da qualidade é tratado para encontrar uma composição ideal de decisões de prevenção e inspeção, a fim de minimizar os custos esperados da qualidade total sob uma estrutura PAF. Então, o estudo não faz menção a uma estrutura para identificar e contabilizar os custos da qualidade, nem de um detalhamento dos custos de falha ou mesmo são citados custos de oportunidade. As decisões são focadas em definir pontos de prevenção e avaliação para reduzir os custos totais da qualidade.
(Sailaja et al., 2015)	O trabalho propõe identificar os custos ocultos da qualidade e respectivo impacto, em uma indústria de eletro-eletrónico que tem implementado a Norma ISO 9001 e o modelo PAF através da abordagem de custo de processo. Alguns elementos dos custos de oportunidade são comuns. Os custos ocultos se mostraram maiores nos custos de falhas e os custos de oportunidade foram significativamente expressivos, pois o estudo separou estas duas categorias.
(Omar & Murgan, 2014)	O modelo prevê descarte e retrabalho, mas sem mencionar detalhes na composição dos custos da qualidade em cada situação. O modelo possui uma lista extensa e detalhada de elementos de custos. O modelo não destaca a redução do custo de falha através da decisão de destinação comparando as opções. Realiza simulação de um cenário com informações reais e enfatiza a importância da simulação.
(Arabian et al., 2013)	O trabalho aborda os aspectos teóricos dos principais modelos de custos da qualidade. Enfatiza que as empresas devem identificar elementos de custos da qualidade e organizar um sistema de medição para determinar os custos de qualidade através de métricas globais e detalhadas e também um sistema de relatórios. Entretanto, o trabalho não apresenta um procedimento ou estrutura, apenas uma lista resumida com os principais elementos de cada categoria do PAF.
(Schiffauerova & Thomson, 2013)	Compara as práticas de gestão dos custos da qualidade de 4 indústrias de diferentes segmentos, através da avaliação da estratégia e modelo de custos implementado. A coleta de dados se dá através de benchmarking. Somente uma das indústrias implementou um programa formal de custos da qualidade, sendo este o PAF em conjunto com o ABC. Entretanto, não se faz menção ao detalhamento dos custos de falha ou mesmo de custos de oportunidade.

Trabalho publicado	Descrição das relações
(Chopra & Garg, 2012)	Trata-se da implementação de um modelo simples de custos da qualidade em uma indústria na Índia que deu bons resultados. Verifica-se na implementação que os maiores custos são com falhas internas. Entretanto, não há estratégia específica para identificação e contabilização dos custos da qualidade com falhas.
(Fons, 2012)	Trata de apresentar um modelo que integra as categorias de custos da qualidade com as práticas de contabilidade. Aborda a importância da decisão se um produto não conforme é reprocessado, rejeitado ou aceite. Sugere necessário conhecer o efeito económico de cada uma das alternativas possíveis. Entretanto, estabelece como solução integrar os custos da qualidade a práticas de contabilidade para os relatórios gerenciais.
(Ozcan, 2012)	O estudo menciona que se os dados de custos da qualidade forem recolhidos corretamente e analisados, seu impacto nas decisões gerenciais pode ser observado claramente. Conclui que a análise dos custos da qualidade influencia as decisões de investimentos em prevenção que tem potencial para reduzir custos de falhas, conforme mostrado no estudo de caso com dados de 5 anos. Não há análise detalhada de custos de falhas, uma estrutura ou procedimento para implementar, identificar e contabilizar custos da qualidade.
(Chopra & Garg, 2011)	Com base nos dados de custo de qualidade de três anos de uma indústria de pequeno porte na Índia certificada na Norma ISO 9001, sugere que aumentando os esforços para atividades de prevenção e avaliação, os custos de não conformidade diminuem. O estudo foi realizado a partir da implementação de um modelo de custos da qualidade sugerido (PAF). Entretanto, o estudo não apresenta uma estrutura de identificação e contabilização dos elementos de custos da qualidade, e, nem mesmo uma lista de elementos de custos dentro das 4 categorias do PAF.
(Jaju et al., 2009)	Não apresenta uma análise completa relacionada ao levantamento dos custos da qualidade. Foca na máxima do PAF, elaboração de uma lista de atividades específicas de um ramo de atividade e aumento de prevenção e redução dos custos de falha.
(Kiani et al., 2009)	O estudo propõe a análise dos custos da qualidade pelo modelo PAF, em uma indústria de pequena escala. Os dados são obtidos através de questionários e entrevistas no período de 3 anos. Concluí que aumentar os custos de prevenção e avaliação diminuirá os custos totais da qualidade. Menciona que o custo da qualidade também tem efeito direto no custo unitário de produção e efeito indireto na lucratividade. A pesquisa enfatiza que o cálculo e a medição de custos de não conformidade são muito difíceis nas organizações e alguns erros podem acontecer, apesar de não aprofundar o tema. Assim, não se faz menção a uma estrutura para identificar e contabilizar os custos da qualidade, nem de um detalhamento dos custos de falha ou mesmo são citados custos de oportunidade.
(Su et al., 2009)	A partir dos dados de custos de uma indústria, recolhidos no período de 2 anos, o autor afirma que o custo de prevenção não pode afetar o custo da falha interna imediatamente. Os dados estatísticos recolhidos mostraram que o custo de prevenção afetará o custo de falha interna em seis meses e o custo de avaliação afetará os custos de falha interna e externa do mesmo mês. Entretanto, o próprio autor adverte, dados de alta qualidade e confiabilidade são necessários e críticos para a eficácia da análise.
(Schiffauerova & Thomson, 2006)	Pesquisa de literatura publicada sobre várias abordagens de custo de qualidade e relatórios de seu sucesso, a fim de fornecer uma melhor compreensão dos métodos de custo de qualidade. São apresentadas evidências que mostram que as empresas que adotam o conceito conseguem reduzir os custos de qualidade e melhorar a qualidade de seus clientes. Afirma que existe uma quantidade razoável de conselhos detalhados disponíveis em custos da qualidade, mas há apenas uns poucos exemplos práticos publicados que fornecem detalhes sobre os custos que são incluídos ou excluídos no custeio da qualidade e como os custos são recolhidos. Afirma que algumas empresas estão percebendo a importância dos custos de oportunidade e intangíveis, no entanto, consideram muito difícil quantificá-los e esses custos são, no final, excluídos de seus cálculos.

Trabalho publicado	Descrição das relações
(Superville & Gupta, 2001)	Examina os vários modelos de custos da qualidade que foram propostos e explica a má atribuição de investimento de qualidade pelas empresas. Menciona a detecção precoce e tardia de falhas com respectiva influência dos custos da qualidade, bem como, os investimentos em prevenção versus a redução dos custos de falha. Concorda que os maiores custos são os da falha. Não apresenta dados, estrutura, aplicação, implementação e nem mesmo uma lista de elementos de custos da qualidade. Propõe que as iniciativas de implementação de custos da qualidade devem depender do nível de maturidade e das metas de uma empresa. Entretanto, defeitos, falhas e seus respectivos custos são inerentes a todas as realidades.
(Campanella, 1999)	Apoia o uso de técnicas de custo de qualidade como uma ferramenta para melhoria da qualidade e atividades do programa de qualidade, enfatizando que o custo e a qualidade são conceitos complementares. Reconhece que reduzir os altos custos da má qualidade requer recursos, a identificação de projetos de melhoria e que os conceitos de custo de qualidade devem ser expandidos para além do custo das não-conformidades.
(Juran & Godfrey, 1999)	Muito abrangente, mas não de forma a conduzir uma sistemática e específica aplicação dos custos da qualidade com falha e especificamente em relação a itens defeituosos.
(Sandoval-Chávez & Beruvides, 1998)	Através de um estudo de caso em uma indústria de produção em massa, o trabalho aborda a importância de identificar e contabilizar elementos de custos de oportunidade perdida em adição ao modelo tradicional de custos da qualidade (PAF). As perdas de oportunidade do estudo estão divididas em três componentes: subutilização da capacidade instalada, manuseio inadequado de materiais e serviço de entrega deficiente. Entretanto, o estudo não detalha como os valores de custos relacionados a oportunidade perdida foram obtidos, apesar de expressivas perdas de lucro serem mencionadas. Além disso, não há menção detalhada aos elementos dos custos de falha interna, nem cenários de retrabalho ou descarte e uma análise de decisão estruturada.
(Johnson, 1995)	Promove uma estrutura genérica para identificar e mensurar elementos de custos da qualidade. Inclusive menciona atrasos e insatisfação dos clientes. Menciona a dificuldade de contadores para os custos da qualidade e a necessidade de interação com a área contábil. Encerra com uma lista abrangente de elementos de custos da qualidade. Entretanto, não viabiliza ou exemplifica aplicação e cálculo para determinar valores.

Seguem-se outras considerações acerca do detalhamento das contribuições científicas desta pesquisa:

- O Modelo transforma uma decisão não programada e desestruturada em sistemática e objetiva.
- O Modelo estabelece uma proposta atrativa para redução dos custos da qualidade através da gestão de destinação dos itens defeituosos. Considera nesta análise, os custos diretos dos produtos e das falhas, indiretos de avaliação, e, de oportunidade perdida a partir do aumento de efeitos na qualidade e na produtividade promovidos pelos itens defeituosos.
- O Modelo permite relacionar os custos com oportunidade perdida na entrega, análise, descarte e reposição de itens defeituosos, principalmente com encargos

logísticos pelo atraso, indisponibilidade de recursos, horas-extras e uso de matéria-prima adicional. O tipo e o nível dos custos de oportunidade perdida dependem principalmente das características do sistema de manufatura como o nível de stocks, operações logísticas, nível de capacidade produtiva utilizada e condições de fornecimento.

- O Modelo permite melhorar a gestão e destinação de itens defeituosos quando estabelece uma metodologia específica para execução de ações, recolha de informações e resultado qualitativo e quantitativo instantâneo. Permite visualizar os resultados imediatamente ao seu preenchimento ou alteração de dados da planilha de *input* da Árvore de Decisão. Trata-se de um método adaptado à teoria de custos da qualidade e a realidade existente para a qual se destina.
- O Modelo desenvolvido nesta Tese envolve aspectos dos vários modelos de custos da qualidade. Do PAF utiliza a categorização para definir os Critérios. Do de Crosby utiliza a análise do defeito e a redução dos custos de falhas como objetivo. Do PCM e ABC aborda a necessidade de conhecer a composição dos custos dos produtos para identificar as perdas. Quanto à oportunidade perdida visa identificá-la e contabilizá-la através de vários efeitos e critérios.
- O Modelo proposto pode e deve ser usado, em conjunto, ou dentro de um programa de melhoria da qualidade.

7.4.2 Vantagens

A gestão da destinação de itens defeituosos compreende promover o menor custo do defeito e a qualidade. Assim como, melhorar o conhecimento sobre a qualidade dos processos, os pontos de perda e as oportunidades de melhoria.

As vantagens na implementação do Modelo não estão relacionadas somente a uma decisão específica. A análise promove conhecimento sistemático para melhorar a identificação e contabilização dos efeitos e factos auxiliando em outras decisões e identificando pontos de melhoria nos processos e na qualidade. Permite aprender e rever níveis de qualidade estabelecidos, promove conhecimento sobre os problemas e efeitos, estimulando a melhoria contínua dos processos.

O Modelo permite:

- Direcionar a identificação e contabilização dos efeitos e custos associados a itens defeituosos na indústria;
- Relacionar os prazos e atrasos na entrega para identificar e estimar perdas com aumento nos custos da qualidade, através das variáveis dos critérios das alternativas;
- Utilizar medidas de custos disponíveis na empresa, como a composição dos custos unitários dos produtos para identificar e estimar o aumento nos efeitos e nos custos da qualidade dos itens defeituosos. Não exige o preenchimento de todos as variáveis dos critérios para análise e possibilitou estimar as variáveis dos critérios não evidentes, adaptando-se a limitações e situações específicas da realidade;
- Indicar melhorias nos métodos e pontos de inspeção, a fim de minimizar perdas com possíveis itens defeituosos.

O Modelo é de fácil compreensão e utilização através do Fluxo de Análise da Decisão, Árvore de Decisão e Tabela de dados. Promove conhecimento e aprendizagem na organização sobre seu desempenho nos custos da qualidade e na gestão da destinação de itens defeituosos, quando auxilia na identificação de efeitos na qualidade, produtividade e custos.

A Árvore de Decisão do Modelo (Figura 31) pode ser transplantada para um *software* de análise de decisão melhorando o processamento e análise dos resultados. A contabilização dos Critérios permite comparar as 3 alternativas do Modelo por uma análise de sensibilidade, da influência de variações nos valores das Variáveis dos Critérios, na Decisão de destinação dos itens defeituosos, utilizando *software* de análise de decisão.

7.4.3 Limitações

A aplicação do Modelo exige conhecimento sobre o defeito a nível de determinar se o retrabalho atinge a qualidade requerida.

O Modelo indica necessidade de um maior conhecimento sobre o detalhamento na composição dos custos dos produtos, a fim de identificar com maior precisão as perdas e oportunidades de melhoria na gestão e destinação de itens defeituosos.

O Modelo deve ser testado noutros estudos de caso, considerando outros segmentos industriais, na fabricação de componentes e em vários estágios de uma manufatura.

O Modelo proposto limita-se aos custos da qualidade em consequência de falhas.

O Modelo proposto não envolve uma análise de causa aprofundada, pois apesar de importante para a qualidade, este aspecto não limita o funcionamento e âmbito pretendido.

Os custos de implementação do Modelo são irrelevantes e não foram contabilizados. Não há necessidade de recursos adicionais, apenas um levantamento detalhado de informações por um profissional com acesso e com conhecimento sobre o Modelo. Entretanto, recomenda-se que uma equipe multidisciplinar envolvida com os factos, ações e informações relacionadas no Modelo, consolide os resultados a fim de evitar erros de *input* ou interpretação. Esse será um momento oportuno para melhorar o conhecimento organizacional.

Outros efeitos e critérios podem ser identificados em detrimento de outras específicas aplicações. Entretanto, 3 Critérios específicos, um em cada decisão, denominados “Outros aumentos”, foram incluídos e podem ser utilizados nestas situações. Efeitos e critérios considerados inerentes a itens defeituosos, quando identificados e não relacionados no Modelo, serão incluídos a fim de indicar a respectiva recolha de informação.

Apesar das indicações de recolha de efeitos e critérios de forma quantitativa, a subjetividade não é totalmente eliminada do processo de decisão, considerando as interpretações na recolha e *input* de dados necessários para utilização do Modelo proposto.

A pesquisa considerou produção em massa e discreta, unidade ou lote com quantidade específica e defeito detectado por inspeção planeada de componente, subproduto ou produto acabado.

No contexto de custos da qualidade os custos reais são sempre maiores do que os custos estimados. A composição completa dos custos com falhas não são fáceis de identificar, contabilizar ou mesmo estimar, então, alguns terminam por não serem contabilizados, como por exemplo o custo relacionado com a perda de imagem de mercado.

O Modelo foi testado e comparado com uma decisão já tomada. Para trabalhos futuros propõe-se a aplicação durante o processo de tomada de decisão através da recolha das informações e análise dos resultados.

Entende-se que o Modelo proposto não é o estado final de uma teoria, mas algo que pode e deve ser melhorado, adaptado e ajustado a pressupostos teóricos e práticos.

7.5 Trabalhos futuros

Os custos da qualidade são resultado de planeamento e controle de atividades de prevenção de defeitos, avaliação de requisitos, e correção de falhas, porque variações são inerentes aos processos de fabricação. Os custos da qualidade com correção de falhas e defeitos são os mais significativos, mas podem ser minimizados na gestão da destinação dos itens defeituosos. Os custos da qualidade com itens defeituosos dependem das características da manufatura, dos aspectos logísticos, dos prazos de entrega, do tipo de produto e defeito, do nível de capacidade produtiva utilizada e principalmente do nível de valor agregado ao item defeituoso.

A decisão da destinação de itens defeituosos mostrou-se abrangente requerendo a identificação dos muitos efeitos relacionados e seus respectivos aumentos de custo. O processo se dá por etapas sequenciadas de planeamento e execução de ações, levantamento de factos e dados relativos a tempos, prazos, custos e tomada de decisão. Trata-se de um processo sistemático de gestão que visa promover o menor custo e a qualidade. Os resultados promovidos pelo Modelo proposto são satisfatórios e condizentes com os objetivos propostos.

Para trabalhos futuros propõe-se:

- Realizar testes e aplicações do Modelo de Decisão em outros casos de estudo em tempo útil para a tomada de decisão.
- Avaliar a utilização e aplicação do Modelo dentro de um programa de melhoria da qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abernethy, M. A., Horne, M., Lillis, A. M., Malina, M. A., & Selto, F. H. (2005). A multi-method approach to building causal performance maps from expert knowledge. *Management Accounting Research*, *16*(2), 135–155. https://doi.org/10.1016/j.mar.2005.03.003

Ackoff, R. L., & Sasieni, M. W. (1968). *Fundamentals of operations research.* J. Wiley.

Agrebi, M., Abed, M., & Omri, M. N. (2017). ELECTRE I Based Relevance Decision-Makers Feedback to the Location Selection of Distribution Centers. *Journal of Advanced Transportation*, *2017*, 1–10. https://doi.org/10.1155/2017/7131094

Albright, S. C., & Winston, W. L. (2016). *Business analytics : data analysis and decision making*.

Amiri, M. P. (2010). Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods. *Expert Systems with Applications*, *37*(9), 6218–6224. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.02.103

Arabian, T., Jourabchi, M., Leman, Z., & Ismail, M. (2013). A Research on the Impact of Cost of Quality Models and Reporting System on Managing Cost of Quality. *International Proceedings of Economics Development and Research*, *59*(11), 50–54. https://doi.org/10.7763/IPEDR.

Araujo, J., & Amaral, T. (2016). Application of the ELECTRE I method for selection problems involving free software development projects. *Revista Gestão Da Produção Operações e Sistemas*, *11*(2), 121–138. https://doi.org/10.15675/gepros.v11i2.1425

Arnold, G. C., & Hatzopoulos, P. D. (2000). The Theory-Practice Gap in Capital Budgeting: Evidence from the United Kingdom. *Journal of Business Finance*, *27*(5&6), 603–626. https://doi.org/10.1111/1468-5957.00327

Askarany, D., Yazdifar, H., & Askary, S. (2010). Supply chain management, activity-based costing and organisational factors. *International Journal of Production Economics*, *127*(2), 238–248. https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2009.08.004

Aytac, E., Tus, I. A., & Kundakci, N. (2011). Fuzzy ELECTRE I Method for Evaluating Catering Firm Alternatives. *Ege Academic Review*, *11*(2011), 125–134.

Baird, B. F. (1989). *Managerial decisions under uncertainty : an introduction to the analysis of decision making*. Wiley. Retrieved from https://www.wiley.com/en-br/Managerial+Decisions+Under+Uncertainty:+An+Introduction+to+the+Analysis+of+D

ecision+Making-p-9780471858911

Balasubramanian, S., & Gupta, M. (2005). Structural metrics for goal based business process design and evaluation. *Business Process Management Journal*, *11*(6), 680–694. https://doi.org/10.1108/14637150510630855

Bazerman, M. H., & Moore, D. A. (2013). *Judgment in managerial decision making*. Wiley.

Behzadian, M., Kazemzadeh, R. B., Albadvi, A., & Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, *200*(1), 198–215. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.021

Bentes, A. V., Carneiro, J., da Silva, J. F., & Kimura, H. (2012). Multidimensional assessment of organizational performance: Integrating BSC and AHP. *Journal of Business Research*, *65*(12), 1790–1799. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2011.10.039

Bernhard, R. H. (1991). A review of: "MANAGERIAL DECISIONS UNDER UNCERTAINTY; AN INTRODUCTION TO THE ANALYSIS OF DECISION MAKING." *The Engineering Economist*, *36*(3), 264–264. https://doi.org/10.1080/00137919108928005

Bharara, A., & Lee, C.-Y. (1996). Implementation of an activity-based costing system in a small manufacturing company. *International Journal of Production Research*, *34*(4), 1109–1130. https://doi.org/10.1080/00207549608904953

Bititci, U., Garengo, P., Dörfler, V., & Nudurupati, S. (2012). Performance Measurement: Challenges for Tomorrow*. *International Journal of Management Reviews*, *14*(3), 305–327. https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2011.00318.x

Borkowski, S., & Knop, K. (2016). Challenges Faced in Modern Quality Inspection. *Management and Production Engineering Review*, *7*(3). https://doi.org/10.1515/mper-2016-0022

Bottorff, D. L. (1997). "COQ systems: the right stuff." *Quality Progress*, (March), 33.

Boulesnane, S., & Bouzidi, L. (2013). The mediating role of information technology in the decision-making context. *Journal of Enterprise Information Management*, *26*(4), 387–399. https://doi.org/10.1108/JEIM-01-2012-0001

Bourne, M., Neely, A., Mills, J., & Platts, K. (2003). Implementing performance measurement systems: a literature review. *Int. J. Business Performance Management*, *5*(1), 1–24. https://doi.org/10.1504/IJBPM.2003.002097

Brans, J. P., Vincke, P., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research*, *24*(2), 228–238.

https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90044-5

Braz, R. G. F., Scavarda, L. F., & Martins, R. A. (2011). Reviewing and improving performance measurement systems: An action research. *International Journal of Production Economics*, *133*(2), 751–760. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.06.003

Brimson, J. A. (1991). *Activity accounting : an activity-based costing approach*. J. Wiley.

Bronson, R. (1982). *Schaum's outline of theory and problems of operations research*. McGraw-Hill.

Bulut, E., Duru, O., Keçeci, T., & Yoshida, S. (2012). Use of consistency index, expert prioritization and direct numerical inputs for generic fuzzy-AHP modeling: A process model for shipping asset management. *Expert Systems with Applications*, *39*(2), 1911–1923. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.08.056

Burgess, T. F. (1996). "Modeling quality cost dynamics." *International Journal of Quality & Reliability Management*, *13*(3), 8–26.

Buytendijk, F., Hatch, T., & Micheli, P. (2010). Scenario-based strategy maps. *Business Horizons*, *53*(4), 335–347. https://doi.org/10.1016/J.BUSHOR.2010.02.002

Büyüközkan, G., & Çifçi, G. (2012). A combined fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS based strategic analysis of electronic service quality in healthcare industry. *Expert Systems with Applications*, *39*(3), 2341–2354. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.08.061

Campanella, J. (1999). *Principles of quality costs : principles, implementation and use* (American S). ASQ Quality Press.

Carmignani, G. (2008). Modified QFD and Problem-solving Techniques Integrated Approach Implementing Corrective Actions: A Case Study in an Italian Manufacturing Plant. *Quality and Reliability Engineering International*, *25*(November 2006), 517–543. https://doi.org/10.1002/qre

Carr, L. P. (1992). "Applying cost of quality to a service business." *Sloan Management Reviews*, *33*(4), 72–78.

Cebeci, U. (2009). Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced scorecard. *Expert Systems with Applications*, *36*(5), 8900–8909. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.046

Chang, D.-Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, *95*(3), 649–655. https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2

Chang, S. J., Hyun, P. Y., & Park, E. H. (1996). *Quality Costs in Multi-Stage Manufacturing Systems*. *Computers and Industrial Engineering* (Vol. 31). https://doi.org/10.1016/0360-8352(96)00091-5

Chen, M.-Y., Huang, M.-J., & Cheng, Y.-C. (2009). Measuring knowledge management performance using a competitive perspective: An empirical study. *Expert Systems with Applications*, *36*(4), 8449–8459. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.10.067

Chiarini, A. (2017). Risk-based thinking according to ISO 9001:2015 standard and the risk sources European manufacturing SMEs intend to manage. *The TQM Journal*, *29*(2), 310–323. https://doi.org/10.1108/TQM-04-2016-0038

Chin, K.-S., Lo, K.-C., & Leung, J. P. F. (2010). Development of user-satisfaction-based knowledge management performance measurement system with evidential reasoning approach. *Expert Systems with Applications*, *37*(1), 366–382. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.05.051

Chiu, Y. P., Chiu, S. W., & Chao, H. (2006). Numerical method for determination of reworking or scraping the defective items in a ÿnite production rate model, (October 2004), 377–386. https://doi.org/10.1002/cnm.819

Chongwatpol, J. (2015). Prognostic analysis of defects in manufacturing. *Industrial Management & Data Systems*, *115*(1), 64–87. https://doi.org/10.1108/IMDS-05-2014-0158

Choo, C. W. (2006). *The knowing organization : how organizations use information to construct meaning, create knowledge, and make decisions*. Oxford University Press.

Chopra, A., & Garg, D. (2011). Behavior patterns of quality cost categories. *The TQM Journal*, *23*(5), 510–515. https://doi.org/10.1108/17542731111157617

Chopra, A., & Garg, D. (2012). Introducing models for implementing cost of quality system. *The TQM Journal*, *24*(6), 498–504. https://doi.org/10.1108/17542731211270061

Clegg, S., Hardy, C., & Nord, W. R. (1996). *Handbook of organization studies*. Sage Publications.

Clemen, R. T. (1996). *Making hard decisions : an introduction to decision analysis*. Duxbury Press.

Clemen, R. T., & Reilly, T. (2001). *Making hard decisions with DecisionTools*. Duxbury/Thomson Learning.

CNI. (2016). Confederação Nacional da Indústria CNI (Brasil) - Portal da Indústria. Retrieved

January 30, 2019, from http://www.portaldaindustria.com.br/cni/

Cole, R. E. (1992). THE QUALITY REVOLUTION. *Production and Operations Management*, *1*(1), 118–120. https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.1992.tb00343.x

Cooper, R., & Kaplan, R. S. (1988a). How Cost Accounting Distorts Product Costs. *Management Accounting*, *69*(10), 20–27. Retrieved from https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=292

Cooper, R., & Kaplan, R. S. (1988b). Measure Costs Right: Make the Right Decision. *Harvard Business Review*, *66*(5), 96–103. Retrieved from https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=9158

Cooper, R., & Kaplan, R. S. (1991). Profit Priorities from Activity-Based Costing. Retrieved from https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=9991

Cooper, R., & Kaplan, R. S. (1999). Design of Cost Management Systems. Retrieved from https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=236

Copeland, T. E., Weston, J. F., & Shastri, K. (2005). *Financial theory and corporate policy*. Addison-Wesley.

Crosby, P. B. (1979). Quality is free: The art of making quality certain. *New York: New American Library*. https://doi.org/10.2172/1025774

Crossfield, R. T., & Dale, B. G. (1990). Mapping quality assurance systems: A methodology. *Quality and Reliability Engineering International*. https://doi.org/10.1002/qre.4680060303

Dağdeviren, M., Yavuz, S., & Kilinç, N. (2009). Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, *36*(4), 8143–8151. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.10.016

Das, M. C., Sarkar, B., & Ray, S. (2012). A framework to measure relative performance of Indian technical institutions using integrated fuzzy AHP and COPRAS methodology. *Socio-Economic Planning Sciences*, *46*(3), 230–241. https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.12.001

Davenport, T. H., Harris, J. G., & Morison, R. (2010). *Analytics at work : smarter decisions, better results*. Harvard Business Press.

Davies, M. (1994). Davies. *The Journal of the Operational Research Society*. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/2583950

Dawes, E. W. (1989). “Quality costs-new concepts and methods, quality costs: ideas &

applications." *In Jack Campanella, Ed., Quality Costs: Ideas and Applications*, *2*(ASQC Quality Press, Milwaukee, WI), 440.

Dawes, E. W., & Siff, W. (1993). "Using quality costs for continuous improvement." In *ASQC Annual Quality Congress Transactions* (Vol. 47, pp. 810–816).

De Keyser, W., & Peeters, P. (1996). A note on the use of PROMETHEE multicriteria methods. *European Journal of Operational Research*, *89*(3), 457–461. https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)00307-6

De Neufville, R. (1990). *Applied systems analysis : engineering planning and technology management*. McGraw-Hill.

Denton, D. K., & Kowalski, T. P. (1988). "Measuring nonconforming costs reduced manufacturer's cost of quality in product by $200 000". *Industrial Engineering*, *20*, 36–43.

Duarte, B. P. M., Oliveira, N. M. C., & Santos, L. O. (2016). Dynamics of quality improvement programs - Optimal investment policies. *Computers and Industrial Engineering*, *91*, 215–228. https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.11.020

Durucasu, H., Aytekín, A., Saraç, B., & Orakçi, E. (2017). Current Application Fields of ELECTRE and PROMETHEE: A Literature Review. *Alphanumeric Journal*. https://doi.org/10.17093/alphanumeric.320235

Dyer, J. S., Fishburn, P. C., Steuer, R. E., Wallenius, J., & Zionts, S. (1992). Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: The Next Ten Years. *Management Science*, *38*(5), 645–654. https://doi.org/10.1287/mnsc.38.5.645

Farragher, E. J., Kleiman, R. T., & Sahu, A. P. (1999). Current capital investment practices. *The Engineering Economist*, *44*(2), 137–150. https://doi.org/10.1080/00137919908967513

Feigenbaum, A. (1956). Total quality control. *Harvard Business Review*, *34*(6), 93–101. Retrieved from http://ergo.glam.ac.uk/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&AN=6770392&site=ehost-live

Feigenbaum, A. V. (1983). *Total quality control*. McGraw-Hill.

Feigenbaum, A. V. (2005). *Total quality control : achieving productivity, market penetration and advantage in the global economy*. McGraw-Hill Higher Education.

Figueira, J., Greco, S., & Ehrogott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* (Vol. 78). New York, NY: Springer New York.

https://doi.org/10.1007/b100605

Folan, P., & Browne, J. (2005). A review of performance measurement: Towards performance management. *Computers in Industry*, *56*(7), 663–680. https://doi.org/10.1016/j.compind.2005.03.001

Fons, L. (2012). Integration of quality cost and accounting practices. *The TQM Journal*, *24*(4), 338–351. https://doi.org/10.1108/17542731211247364

Forman, E., & Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, *108*(1), 165–169. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00244-0

French, S. (1992). Mathematical Programming Approaches to Sensitivity Calculations in Decision Analysis. *Journal of the Operational Research Society*, *43*(8), 813–819. https://doi.org/10.1057/jors.1992.120

Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*, *56–57*, 199–212. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(97)00009-1

Goulden, C., & Rawlins, L. (1995). "A hybrid model for process quality costing." *International Journal of Quality & Reliability Management*, *12*(8), 32–47.

Govindan, K., & Jepsen, M. B. (2016). ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, *250*(1), 1–29. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.07.019

Govindarajan, V., & Shank, J. K. (2008). *Strategic Cost Management: The New Tool for Competitive Advantage.* Free Pr.

Grant, E. L., Ireson, W. G., & Leavenworth, R. S. (1990). *Principles of engineering economy*. Wiley.

Gunasekaran, A., & Sarhadi, M. (1998). Implementation of activity-based costing in manufacturing. *International Journal of Production Economics*, *56–57*, 231–242. https://doi.org/10.1016/S0925-5273(97)00139-4

Gunasekaran, A., Williams, H. J., & McGaughey, R. E. (2005). Performance measurement and costing system in new enterprise. *Technovation*, *25*(5), 523–533. https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00176-7

Gupta, M., & Campbell, V. S. (1995). The cost of quality. *Production and Inventory*

Management Journal, *36*(3), 43.

Heagy, C. D. (1991). "Determining optimal quality costs by considering costs of loss sales." *Journal of Cost Management for the Manufacturing Industry*, *Fall*, 67–71.

Hester, W. F. (1993). True Quality Cost with Activity Based Costing. *ASQ: The Global Voice of Quality*, (QICID: 9992), 446–454. Retrieved from http://asq.org/qic/display-item/index.html?item=9992

Holota, T., Hrubec, J., Kotus, M., Holiencinová, M., & Caposová, E. (2016). The management of quality costs analysis model. *Serbian Journal of Management*, *11*(1), 119–127. https://doi.org/10.5937/sjm11-9347

Howard, R. A., & Matheson, J. E. (1989). *The principles and applications of decision analysis*. Strategic Decisions Group.

Hulett, D. T. (2006). Decision tree analysis for the risk averse organization. In P. Newtown Square (Ed.), *PMI® Global Congress 2006—EMEA*. Madrid, Spain: Project Management Institute. Retrieved from https://www.pmi.org/learning/library/decision-tree-analysis-expected-utility-8214

Israeli, A., & Fisher, B. (1991). "Cutting quality costs",. *Quality Progress*, (January), 46.

Jaju, S. B., Mohanty, R. P., & Lakhe, R. R. (2009). Towards managing quality cost: A case study. *Total Quality Management & Business Excellence*, *20*(10), 1075–1094. https://doi.org/10.1080/14783360903247122

Johnson, M. a. (1995). The development of measures of the cost of quality for an nengineering unit. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *12*(2), 86–100. https://doi.org/10.1108/02656719510080640

Jorgenson, D. M., & Enkerlin, M. E. (1992). "Managing quality costs with the help of activity based costing." *Journal of Electronics Manufacturing*, *2*, 153–160.

Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook*. *Deutsche medizinische Wochenschrift 1946* (Vol. 1). https://doi.org/10.1055/s-0031-1280544

Kaplan, R., & Cooper, R. (1998). *COST & EFFECT: Using Integrated Cost Systems to Drive Profitability and Performance*. Harvard Business School Press.

Kaplan, R., Cooper, R., Maisel, L., Morrissey, E., & Oehm, R. M. (1992). *Implementing Activity-Based Cost Management: Moving from Analysis to Action: Implementation Experiences at Eight Companies*. Institute of Management Accountants.

Kaplan, R., & Norton, D. (2001). Transforming the balanced scorecard from performance

measurement to strategic management : Part II. *Accounting Horizons*, *15*(2), 147–160. https://doi.org/10.2308/acch.2001.15.2.147

Kaplan, R., Witkowski, M., Abbott, M., Guzman, A. B., Higgins, L. D., Meara, J. G., … Feeley, T. W. (2014). Using Time-Driven Activity-Based Costing to Identify Value Improvement Opportunities in Healthcare. *Journal of Healthcare Management*, *59*(6), 399–412. https://doi.org/10.1097/00115514-201411000-00005

Kaya, T., & Kahraman, C. (2011a). An integrated fuzzy AHP-ELECTRE methodology for environmental impact assessment. *Expert Systems with Applications*, *38*(7), 8553–8562. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.01.057

Kaya, T., & Kahraman, C. (2011b). Fuzzy multiple criteria forestry decision making based on an integrated VIKOR and AHP approach. *Expert Systems with Applications*, *38*(6), 7326–7333. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.12.003

Keeney, R., & Raiffa, H. (1993). *Decisions with multiple objectives–preferences and value tradeoffs*. *Behavioral Science* (Vol. 39). https://doi.org/10.1002/bs.3830390206

Kennerley, M., & Neely, A. (2002). A framework of the factors affecting the evolution of performance measurement systems. *International Journal of Operations & Production Management*, *22*(11), 1222–1245. https://doi.org/10.1108/01443570210450293

Kepner, C. H., & Tregoe, B. B. (1965). *The Rational Manager: A Systematic Approach to Problem Solving and Decision Making*. McGraw-Hill.

Kiani, B., Shirouyehzad, H., Khoshsaligheh Bafti, F., & Fouladgar, H. (2009). System dynamics approach to analysing the cost factors effects on cost of quality. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *26*(7), 685–698. https://doi.org/10.1108/02656710910975750

Kilincci, O., & Onal, S. A. (2011). Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company. *Expert Systems with Applications*, *38*(8), 9656–9664. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.01.159

Kim, D. (2006). Capital budgeting for new projects: On the role of auditing in information acquisition. *Journal of Accounting and Economics*, *41*(3), 257–270. https://doi.org/10.1016/j.jacceco.2006.03.001

Krumwiede, K. R., & Charles, S. L. (2014). The Use of Activity-based Costing with Competitive Strategies: Impact on Firm Performance (pp. 113–148). https://doi.org/10.1108/S1474-787120140000023004

Law, A. M. (2013). *Simulation modeling and analysis*. (McGraw-Hill, Ed.) (5ed.). Tucson - Arizona.

Lim, C., Sherali, H. D., & Glickman, T. S. (2015). Cost-of-Quality Optimization via Zero-One Polynomial Programming. *IIE Transactions*, *47*(3), 258–273. https://doi.org/10.1080/0740817X.2014.928964

Lohman, C., Fortuin, L., & Wouters, M. (2004). Designing a performance measurement system: A case study. *European Journal of Operational Research*, *156*(2), 267–286. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00918-9

Lopez, P., Fortuny-Santos, J., & Cuatrecasas-Arbós, L. (2013). Lean manufacturing: costing the value stream. *Industrial Management & Data Systems*, *113*(5), 647–668. https://doi.org/10.1108/02635571311324124

Maccarrone, P. (1996). Organizing the capital budgeting process in large firms. *Management Decision*, *34*(6), 43–56. https://doi.org/10.1108/00251749610121489

Maddah, B., & Jaber, M. Y. (2008). Economic order quantity for items with imperfect quality: Revisited. *International Journal of Production Economics*, *112*(2), 808–815. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.07.003

Maiga, A. S., Nilsson, A., & Ax, C. (2015). Relationships between internal and external information systems integration, cost and quality performance, and firm profitability. *International Journal of Production Economics*, *169*, 422–434. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.08.030

Malchi, G., & McGurk, H. (2001). "Increasing value through the measurement of the cost of quality (CoQ) – a practical approach." *Pharmaceutical Engineering*, *21*(3), 92–95.

Malik, T. M., Khalid, R., Zulqarnain, A., & Iqbal, S. A. (2016). Cost of quality: findings of a wood products' manufacturer. *The TQM Journal*, *28*(1), 2–20. https://doi.org/10.1108/TQM-01-2014-0014

Marsh, J. (1989). "Process modeling for quality improvement." In *Proceedings of the Second International Conferenceon Total Quality Management* (pp. 111–121). Bedford: IFS Publication.

Marttunen, M., Lienert, J., & Belton, V. (2017). Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: A literature review of method combinations. *European Journal of Operational Research*, *263*(1), 1–17. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.04.041

McNurlin, B. C., & Sprague, R. H. (2002). *Information Systems Management in Practice* (5th ed). Prentice Hall.

Megginson, W. L., Smart, S. B., & Lucey, B. M. (2008). *Introduction to Corporate finance*. Cengage Learning EMEA.

Merino, D. N. (1988). "Economics of quality: Choosing among prevention alternatives." *International Journal of Quality & Reliability Management*, (September), 13.

Mhada, F., Hajji, A., Malhamé, R., Gharbi, A., & Pellerin, R. (2011). Production control of unreliable manufacturing systems producing defective items. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, *17*(3), 238–253. https://doi.org/10.1108/13552511111157362

Min, & Hokey. (1994). International Supplier Selection: A Multi-attribute Utility Approach. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. https://doi.org/10.1108/09600039410064008

Mintzberg, H., Raisinghani, D., & Thérêt, A. (1976). The structure of "unstructured" decision processes. *Administrative Science Quarterly*, *21*(2), 246–275. https://doi.org/10.2307/2392045

Mintzberg, H., & Westley, F. (2001). Decision Making : It's Not What You Think. *MIT Sloan Management Review*, *42*(3), 89–94. https://doi.org/10.1108/eb000998

Mitchell, R., & Boyle, B. (2010). Knowledge creation measurement methods. *Journal of Knowledge Management*, *14*(1), 67–82. https://doi.org/10.1108/13673271011015570

Modarress, B., & Ansari, A. (1987). Two New Dimensions in the Cost of Quality. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *4*(4), 9–20. https://doi.org/10.1108/eb002886

Mohamadabadi, H., Tichkowsky, G., & Kumar, A. (2009). Development of a multi-criteria assessment model for ranking of renewable and non-renewable transportation fuel vehicles. *Energy*, *34*(1), 112–125. https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2008.09.004

Moisello, A. M. (2012). ABC : Evolution , Problems of Implementation and Organizational Variables, *2*(April), 55–63.

Montibeller, G., Belton, V., Ackermann, F., & Ensslin, L. (2008). Reasoning maps for decision aid: an integrated approach for problem-structuring and multi-criteria evaluation. *Journal of the Operational Research Society*, *59*(5), 575–589. https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602347

Morse, W. J. (1983). “Consumer product quality control cost revisited. Measuring quality costs.” *Cost and Management*, (July/August), 16–20.

Moussawi-Haidar, L., Salameh, M., & Nasr, W. (2016). Production lot sizing with quality screening and rework. *Applied Mathematical Modelling*, *40*(4), 3242–3256. https://doi.org/10.1016/j.apm.2015.09.095

Newman, J. W. (1971). *Management applications of decision theory*. Harper & Row.

Ngai, E. W. T., & Chan, E. W. C. (2005). Evaluation of knowledge management tools using AHP. *Expert Systems with Applications*, *29*(4), 889–899. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.06.025

Novin, A. M. (1992). Applying overhead: how to find the right bases and rates. *Management Accounting (USA)*, *73*(9), 40–44. Retrieved from http://go.galegroup.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA12263671&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=00251690&p=AONE&sw=w

Nudurupati, S. S., Bititci, U. S., Kumar, V., & Chan, F. T. S. (2011). State of the art literature review on performance measurement. *Computers and Industrial Engineering*, *60*(2), 279–290. https://doi.org/10.1016/j.cie.2010.11.010

Nutt, P. C. (1986). Decision style and its impact on managers and management. *Technological Forecasting and Social Change*, *29*(4), 341–366. https://doi.org/10.1016/0040-1625(86)90022-3

O’Guin, M. C. (1991). *The complete guide to activity-based costing*. Prentice Hall.

Ognjanović, I., Gašević, D., & Bagheri, E. (2013). A stratified framework for handling conditional preferences: An extension of the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*, *40*(4), 1094–1115. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.08.026

Olivas, R. (2007). Decision Trees. A Primer for Decision-making Professionals. Retrieved from https://scikit-learn.org/stable/modules/tree.html

Omar, M. K., & Murgan, S. (2014). An improved model for the cost of quality. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *31*(4), 395–418. https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2012-0066

Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, *156*(2), 445–455. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1

Ossai, C. I., Boswell, B., & Davies, I. J. (2016). Stochastic modelling of perfect inspection and

repair actions for leak-failure prone internal corroded pipelines. *Engineering Failure Analysis*, *60*, 40–56. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.11.030

Ozcan, S. (2012). An Empirical Research about Quality Cost Analysis and Its Impact on Managerial Decisions in Automotive Supplier Industry. In *International Conference on Management, Applied and Social Sciences (ICMASS'2012) March 24-25, 2012 Dubai.* (pp. 363–367).

Palisade Corporation. (2015). PrecisionTree - User's Guide. Decision Analysis Add-In For Microsoft Excel. Ithaca, NY, USA. Retrieved from http://www.palisade.com

Paquin, J. P., Gauthier, C., & Morin, P. P. (2016). The downside risk of project portfolios: The impact of capital investment projects and the value of project efficiency and project risk management programmes. *International Journal of Project Management*, *34*(8), 1460–1470. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.07.009

Pasandideh, S. H. R., Niaki, S. T. A., & Mirhosseyni, S. S. (2010). A parameter-tuned genetic algorithm to solve multi-product economic production quantity model with defective items, rework, and constrained space. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *49*(5–8), 827–837. https://doi.org/10.1007/s00170-009-2432-x

Phillips, L. D. (1982). Requisite Decision Modelling: A Case Study. *The Journal of the Operational Research Society*, *33*(4), 303–311.

Phillips, L. D. (1984). A theory of requisite decision models. *Acta Psychologica*, *56*(1–3), 29–48. https://doi.org/10.1016/0001-6918(84)90005-2

Pires, A. R., Cociorva, A., Saraiva, M., Novas, J. C., & Rosa, Á. (2013). Management of quality-related costs. The case of Portuguese companies. *Total Quality Management and Business Excellence*, *24*(7–8), 782–796. https://doi.org/10.1080/14783363.2013.792993

Plewa, M., Kaiser, G., & Hartmann, E. (2016). Is quality still free?: Empirical evidence on quality cost in modern manufacturing. *International Journal of Quality and Reliability Management*, *33*(9), 1270–1285. https://doi.org/10.1108/IJQRM-11-2014-0189

Plunkett, J. J., & Dale, B. G. (1988). Quality costs: a critique of some 'economic cost of quality' models. *International Journal of Production Research*, *26*(11), 1713–1726. https://doi.org/10.1080/00207548808947986

Pophali, G. R., Chelani, A. B., & Dhodapkar, R. S. (2011). Optimal selection of full scale tannery effluent treatment alternative using integrated AHP and GRA approach. *Expert Systems with Applications*, *38*(9), 10889–10895.

https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.02.129

Porter, L. J., & Rayner, P. (1992). Quality costing for total quality management. *International Journal of Production Economics*, *27*(1), 69–81. https://doi.org/10.1016/0925-5273(92)90127-S

Prahalad, C. K., & Krishnan, M. S. (2002). The Dynamic Synchronization of Strategy and Information Technology. *MITSloan Management Review*, *43*(4).

Purgslove, A. B., & Dale, B. G. (1995). Developing a quality costing system: Key features and outcomes", Omega. *International Journal of Management Science*, *23*(5), 567.

Ramanathan, R., & Ganesh, L. S. (1995). Using AHP for resource allocation problems. *European Journal of Operational Research*, *80*(93), 410–417. https://doi.org/10.1016/0377-2217(93)E0240-X

Ravindran, A., Phillips, D. T., & Solberg, J. J. (1987). *Operations research : principles and practice*. Wiley.

Robbins, S. P., & Coulter, M. K. (2012). *Management* (12th ed.). Prentice Hall.

Ross, D. T. (1977). Structured Analysis (SA): A Language for Communicating Ideas. *IEEE Transactions on Software Engineering*, *SE-3*(1), 16–34. https://doi.org/10.1109/TSE.1977.229900

Rostamzadeh, R., & Sofian, S. (2011). Prioritizing effective 7Ms to improve production systems performance using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS (case study). *Expert Systems with Applications*, *38*(5), 5166–5177. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.10.045

Rowe, A. J., Boulgarides, J. D., & McGrath, M. R. (1984). *Managerial Decision Making*. Science Research Associates. Retrieved from https://books.google.com.br/books/about/Managerial_Decision_Making.html?id=-jy3AAAAIAAJ&redir_esc=y

Russo, J., & Schoemaker, P. (1990). *Decision Traps: The Ten Barriers to Decision-Making and How to Overcome Them*. Simon & Schuster.

Russo, R., & Camanho, R. (2015). Criteria in AHP: A systematic review of literature. *Procedia Computer Science*, *55*(Itqm), 1123–1132. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.081

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, *1*(1). Retrieved from http://www.colorado.edu/geography/leyk/geog_5113/readings/saaty_2008.pdf

Saaty, T. L., & Tran, L. T. (2007). On the invalidity of fuzzifying numerical judgments in the

Analytic Hierarchy Process. *Mathematical and Computer Modelling*, *46*(7–8), 962–975. https://doi.org/10.1016/j.mcm.2007.03.022

Sailaja, A., Basak, P., & Viswanadhan, K. (2015). Hidden Costs of Quality: Measurement & Analysis. *International Journal of Managing Value and Supply Chains*, *6*(2), 13–25. https://doi.org/10.5121/ijmvsc.2015.6202

Salem, S. E., & Mazhar, S. (2014). The Benefits of the Application of Activity Based Cost System - Field Study on Manufacturing Companies Operating In Allahabad City – India. *IOSR Journal of Business and ManagementVer. I*, *16*(11), 2319–7668. Retrieved from www.iosrjournals.org

Sandoval-Chávez, D., & Beruvides, M. (1998). Using Opportunity Costs to Determine the Cost of Quality: A Case Study in a Continuous-Process Industry. *The Engineering Economist*, *43*(2), 107–124. https://doi.org/10.1080/00137919808903192

Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. Prentice Hall.

Schiffauerova, A., & Thomson, V. (2006). A Review of Research on Cost of Quality Models and Best Practices. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *23*(4), 647–669. https://doi.org/10.1108/02656710610672470

Schiffauerova, A., & Thomson, V. Managing cost of quality: insight into industry practice, 18 The TQM Magazine 542–550 (2013). Emerald Group Publishing Limited. https://doi.org/10.1108/09544780610685502

Schneiderman, A. M. (1986). Optimum Quality Costs and Zero Defects: Are They Contradictory Concepts? *Quality Progress*, (November), 1–4. Retrieved from http://asq.org/qic/display-item/index.html?item=7242

Setijono, D., & Dahlgaard, J. J. (2008). The value of quality improvements. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *25*(3), 292–312. https://doi.org/10.1108/02656710810854296

Shah, K., & Mandal, P. (1999). Issues related to implementing quality cost programmes. *Total Quality Management*, *10*(8), 1093–1106. https://doi.org/10.1080/0954412997082

Sharp, J. A., Peters, J., & Howard, K. (2002). *The management of a student research project*. Gower.

Simon, H. A. (1977). *The new science of management decision*. Prentice-Hall.

Simon, H. A., Dantzig, G. B., Hogarth, R., Piott, C. R., Raiffa, H., Schelling, T. C., … Winter, S.

(1986). *Decision Making and Problem Solving*. https://doi.org/10.1287/inte.17.5.11

Soares, J. C., Sousa, S. D., & Nunes, E. (2012). Application of the Three Realities Approach to Customer Complaints Analysis in the Motorcycles Industry. *International Conference On Industrial Engineering and Operations Management 2012*, 1–10.

Sorqvist, L. (1997). "Difficulties in measuring the cost of poor quality." *European Quality*, *4*(2), 40.

Stannard, B., Zahir, S., & Rosenbloom, E. S. (2006). APPLICATION OF ANALYTIC HIERARCHY PROCESS IN MULTI-OBJECTIVE MIXED INTEGER PROGRAMMING FOR AIRLIFT CAPACITY PLANNING. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, *23*(01), 61–76. https://doi.org/10.1142/S0217595906000760

Stede, V. Der, Wim, A., Chow, C. W., & Lin, T. W. (2006). Strategy, choice of performance measures, and performance. *Behavioral Research in Accounting*, *18*(2002), 185–205. https://doi.org/10.2308/bria.2006.18.1.185

Su, Q., Shi, J.-H., & Lai, S.-J. (2009). Research on the trade-off relationship within quality costs: A case study. *Total Quality Management & Business Excellence*, *20*(12), 1395–1405. https://doi.org/10.1080/14783360903248922

SUFRAMA. (2016). SUFRAMA — Superintendência da Zona Franca de Manaus (Brasil). Retrieved January 30, 2019, from http://site.suframa.gov.br/

Sumanth, D. J., & Arora, D. P. S. (1992). "State of the art on linkage between quality, quality costs and productivity." *International Journal of Materials and Product Technology*, *7*(2), 150–169.

Suminsky, L. T. (1994). "Measuring cost of quality",. *Quality Digest*, *14*(3), 26–32.

Sun, C. C. (2010). A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods. *Expert Systems with Applications*, *37*(12), 7745–7754. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.04.066

Superville, C. R., & Gupta, S. (2001). Issues in modeling, monitoring and managing quality costs. *The TQM Magazine*, *13*(6), 419–424. https://doi.org/10.1108/EUM0000000006178

Tan, R. R., Aviso, K. B., Huelgas, A. P., & Promentilla, M. A. B. (2014). Fuzzy AHP approach to selection problems in process engineering involving quantitative and qualitative aspects. *Process Safety and Environmental Protection*, *92*(5), 467–475. https://doi.org/10.1016/j.psep.2013.11.005

Tangvitoontham, N., & Chaiwat, P. (2012). Economic Feasibility Evaluation of Government Investment Project by Using Cost Benefit Analysis: A Case Study of Domestic PortPort A), Laem-Chabang Port, Chonburi Province. *Procedia Economics and Finance*, *2*, 307–314. https://doi.org/10.1016/S2212-5671(12)00092-5

Tatikonda, L. U., & Tatikonda, R. J. (1996). "Measuring and reporting the cost of quality." *Production & Inventory Management Journal*, *37*(2), 1–7.

Tatsiopoulos, I. P., & Panayiotou, N. (2000). The integration of activity based costing and enterprise modeling for reengineering purposes. *International Journal of Production Economics*, *66*(1), 33–44. https://doi.org/10.1016/S0925-5273(99)00080-8

Teixeira, H. N., Lopes, I., & Sousa, S. (2015). Prioritizing quality problems in SMEs: a methodology. *The TQM Journal*, *27*(1), 2–21. https://doi.org/10.1108/TQM-12-2012-0107

Tonn, B. E. (2003). The future of futures decision making. *Futures*, *35*(6), 673–688. https://doi.org/10.1016/S0016-3287(02)00106-4

Treliving, J. (2012). *Decisions: Making The Right Ones, Righting The Wrong Ones*. Collins.

Tsai, W.-H. (1998). Quality cost measurement under activity-based costing. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *15*(7), 719–752. https://doi.org/10.1108/02656719810218202

Ukko, J., Tenhunen, J., & Rantanen, H. (2007). Performance measurement impacts on management and leadership: Perspectives of management and employees. *International Journal of Production Economics*, *110*(1–2), 39–51. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.02.008

Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, *169*(1), 1–29. https://doi.org/DOI 10.1016/j.ejor.2004.04.028

Velmurugan, & Senthil, M. (2010). The Success and Failure of Activity-Based Costing Systems. *Journal of Performance Management*. Retrieved from https://www.highbeam.com/doc/1P3-2287434511.html

Vulević, T., & Dragović, N. (2017). Multi-criteria decision analysis for sub-watersheds ranking via the PROMETHEE method. *International Soil and Water Conservation Research*, *5*(1), 50–55. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.01.003

Wagner, H. M. (1975). *Principles of operations research : with applications to managerial*

decisions. Prentice-Hall.

Wallenius, J., Dyer, J. S., Fishburn, P. C., Steuer, R. E., Zionts, S., & Deb, K. (2008). Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: Recent Accomplishments and What Lies Ahead. *Management Science*, (June 2016), 1–32. https://doi.org/10.1287/mnsc.1070.0838

Weckenmann, A., Akkasoglu, G., & Werner, T. (2015). Quality management – history and trends. *The TQM Journal*, *23*(3), 281–293. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/TQM-11-2013-0125

Winston, W. (2004). *Operations Research: Applications and Algorithms* (4th ed). Thomson/Brooks/Cole.

Wnuk-pel, T. (2010). Changes In Company's Management Accounting Systems: Case Study on Activity- Based Costing Implementation and Operation in Medium-Sized Production Company. *Eurasian Journal of Business and Economics*, *3*(6), 85–111.

Yavuz, O. (2013). Supplier Selection Process Using ELECTRE I Decision Model and an. *Journal of Business Research - Turk*, *5*(4), 210–216. Retrieved from https://www.ingentaconnect.com/content/doaj/13090712/2013/00000005/00000004/art00013

Yu, X., Xu, Z., & Ma, Y. (2013). Prioritized Multi-Criteria Decision Making based on the Idea of PROMETHEE. *Procedia Computer Science*, *17*, 449–456. https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.058

Zhang, Y. F., Hoque, Z., & Isa, C. R. (2015). The Effects of Organizational Culture and Structure on the Success of Activity-Based Costing Implementation (pp. 229–257). https://doi.org/10.1108/S1474-787120150000025008

APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO DE TESTE

OBJETIVO DO QUESTIONÁRIO: Levantamento de informações para identificar as práticas das indústrias de produção em massa quanto a decisão de destinação de produtos defeituosos.				
EMPRESA: Honda				
SETOR PRODUTIVO: Injeção Plástica				
PRODUTO DEFEITUOSO AVALIADO: Para-lama				
TIPO DE DEFEITO: Desalinhamento				
PROCESSOS DE FABRICAÇÃO ENVOLVIDOS: Injeção				
PROCESSO SEGUINTE: Montagem				
FUNÇÃO DO RESPONDENTE: Especialista				
QUESTÕES	**DESCRIÇÃO**			
1	QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO?			
	X	DESCARTE		
		RETRABALHO		
		OUTRO		
	SE OUTRO, QUAL?			
2	COMO É DETECTADO O PRODUTO DEFEITUOSO?			
	X	INSPEÇÃO MANUAL		
		INSPEÇÃO AUTOMÁTICA		
		OUTRO		
	SE OUTRO, QUAL?			
3	QUAL TIPO DE INSPEÇÃO?			
	X	AMOSTRAL		
		100% DOS PRODUTOS		
	SE AMOSTRAL, QUAL TAMANHO DOS LOTES?			
	3%	MENOR TAMANHO DE LOTE	5%	MAIOR TAMANHO DE LOTE
4	QUAL O TIPO DE DEFEITO?			
		NOVO OU SEM ANÁLISE DE CAUSA		
	X	COM HISTÓRICO OU COM ANÁLISE DE CAUSA		
		OUTRO		
	SE OUTRO, QUAL?			
5	QUAL O PROCESSO QUE ORIGINA O DEFEITO?			
		FORNECEDOR		
		MONTAGEM		
		PINTURA		
		USINAGEM		
		FUNDIÇÃO		
		SOLDAGEM		
		ACABAMENTO		
		EMBALAGEM		
	X	OUTRO		
	SE OUTRO, QUAL? Injeção Plástica			
6	DEFEITO CAUSADO POR:			
		MÃO-DE-OBRA		
	X	MÁQUINAS OU EQUIPAMENTOS		
	X	MÉTODO DE TRABALHO OU OPERAÇÃO		
		MÁTERIA-PRIMA		
		NÃO SABE INFORMAR		
	SE OUTRO, QUAL?			

QUESTÕES	DESCRIÇÃO	
7	QUAL O PROCESSO SEGUINTE?	
		CLIENTE
		MONTAGEM
		PINTURA
		USINAGEM
		FUNDIÇÃO
		SOLDAGEM
	X	ACABAMENTO
		EMBALAGEM
		OUTRO
	SE OUTRO, QUAL?	
8	QUANTIDADE DE PROCESSOS E POSTOS DE TRABALHO TOTAL NA FABRICAÇÃO DO PRODUTO?	
	3 PROCESSOS	
9	QUANTANTIDADE DE PROCESSOS E POSTOS DE TRABALHO ATÉ O PONTO DE INSPEÇÃO QUE DETECTA O DEFEITO?	
	6 PROCESSOS	
10	EXISTE ALGUMA POLÍTICA DE QUALIDADE CONTRA O RETRABALHO?	
	X	NÃO
		SIM
	SE SIM, QUAL?	
11	QUANTO AOS CUSTOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	
	X	SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS
		SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO
		NÃO SABE INFORMAR, POIS NÃO FORAM AVALIADOS OU COMPARADOS
		OUTRA SITUAÇÃO
	SE OUTRA SITUAÇÃO, QUAL?	
12	QUANTO AOS TEMPOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	
		SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS
	X	SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO
		NÃO SABE INFORMAR, POIS NÃO FORAM AVALIADOS OU COMPARADOS
		OUTRA SITUAÇÃO
	SE OUTRA SITUAÇÃO, QUAL?	
13	QUANTO AOS CUSTOS DE DESCARTE DESSE PRODUTO DEFEITUOSO:	
		SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS
	X	SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO
		NÃO SABE INFORMAR, POIS NÃO FORAM AVALIADOS OU COMPARADOS
		OUTRA SITUAÇÃO
	SE OUTRA SITUAÇÃO, QUAL?	
14	QUAL A ESTRATÉGIA UTILIZADA PARA REPOR AO PROCESSO SEGUINTE UM PRODUTO DEFEITUOSO DESTINADO AO DESCARTE?	
	X	PREVISÃO ANTECIPADA EM PLANO DE PRODUÇÃO DE TAXA DE DEFEITO
		PLANEADA NO PRÓXIMO PLANO DE PRODUÇÃO
		EM REGIME EXTRAORDINÁRIO DE TRABALHO (HORAS EXTRAS)
		NÃO HÁ ESTRATÉGIA DEFINIDA
	SE OUTRA SITUAÇÃO, QUAL?	

QUESTÕES	DESCRIÇÃO	
15	O RETRABALHO DESSE DEFEITO É POSSÍVEL PARA OS PADRÕES DE QUALIDADE?	
		SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO
	X	NÃO, BASEADO EM AVALIAÇÃO
		NÃO SABE INFORMAR, NÃO HÁ AVALIAÇÃO.
	SE OUTRA SITUAÇÃO, QUAL?	
16	A EMPRESA POSSUI OS RECURSOS E MÉTODOS PARA O RETRABALHO?	
	X	SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO
		NÃO, BASEADO EM AVALIAÇÃO
		NÃO SABE INFORMAR, NÃO HÁ AVALIAÇÃO.
	SE OUTRA SITUAÇÃO, QUAL?	
17	EXISTE UMA METODOLOGIA OU CRITÉRIOS DEFINIDOS E CLAROS PARA DECIDIR SOBRE A DESTINAÇÃO DE PRODUTOS DEFEITUOSOS NA EMPRESA?	
		SIM
	X	NÃO
	SE SIM, QUAIS?	
18	MARQUE OS FATORES NECESSÁRIOS E EFETIVAMENTE CONTABILIZADOS NESSA TOMADA DE DECISÃO:	
		CUSTOS DE RETRABALHO
		CUSTOS DE DESCARTE
		CUSTOS INDIRETOS COM ANÁLISE E AÇÕES ADMINISTRATIVAS DE APOIO
		CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA NA UTILIZAÇÃO DE RECURSOS PRODUTIVOS
		CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA COM PERDA DE CLIENTES
		CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA COM MULTAS OU JUROS CONTRATUAIS
	X	PRAZOS DE ENTREGA
	X	SATISFAÇÃO DO CLIENTE
		TEMPO DISPONÍVEL PARA O RETRABALHO
	X	TEMPO DISPONÍVEL PARA REPOR O PRODUTO AO PROCESSO SEGUINTE
		OUTROS
	SE OUTRO, QUAL?	

APÊNDICE II – DETALHAMENTO DA AVALIAÇÃO DE INCONSISTÊNCIAS

Avaliação de Inconsistência de respostas entre as Questões 1 e 2

A análise das inconsistências das Questões 1 e 2 foi realizada em planilha Excel utilizando a seguinte sentença lógica: =SE((E(B9="RETRABALHADO";C9="NOVO OU SEM ANÁLISE DE CAUSA"));"INCONSISTÊNCIA";SE((E(B9="RETRABALHADO";C9="OUTRO"));"INCONSISTÊNCIA";"CONSISTÊNCIA")). Essa sentença comparou as respostas das Questões 1 e 2 nos 75 Questionários, e definiu a inconsistência de acordo com a combinação apresentada na Matriz mostrado na Tabela 36.

A correlação de inconsistência definida na Matriz da Tabela 1 considera que a decisão de "retrabalhado" da Questão 1 é inconsistente quando o problema é novo ou sem análise de causa ou outra situação desconhecida (respostas possíveis na Questão 23).

Tabela 1 - Matriz de Inconsistência de respostas entre as Questões 1 e 2

MATRIZ DE INCONSISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COMBINAÇÃO DE RESPOSTAS				
QUESTÕES 1 / 2		**CLASSIFIQUE O TIPO DE DEFEITO INDICADO?**		
		NOVO OU SEM ANÁLISE DE CAUSA	*COM HISTÓRICO OU COM ANÁLISE DE CAUSA*	*OUTRO*
QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO?	*SUCATEADO COM CUSTO*	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	RETRABALHADO	INCONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	INCONSISTÊNCIA
	VENDIDO COMO SUCATA (OUTRA EMPRESA)	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	REAPROVEITADO COMO MATÉRIA-PRIMA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	OUTRO	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA

Dois dos 75 Questionários respondidos apresentaram inconsistência entre as respostas das Questões 1 e 2, totalizando 3% de inconsistências. A Tabela 2 mostra que as duas inconsistências estão nos Questionários de Número 20 (Questão 1=Retrabalhado e Questão 2 = Novo ou sem análise de causa) e 42 (Questão 1 = Retrabalhado e Questão 2 = Outro).

Tabela 2 - Identificação das Inconsistências de respostas entre as Questões 1 e 2

Rótulos de Linha	Contagem de Avaliação de inconsistência (1 com 2)
INCONSISTÊNCIA	
20	
RETRABALHADO	
NOVO OU SEM ANÁLISE DE CAUSA	1
RETRABALHADO Total	1
20 Total	**1**
42	
RETRABALHADO	
OUTRO	1
RETRABALHADO Total	1
42 Total	**1**
INCONSISTÊNCIA Total	**2**
Total Geral	**2**

No entanto, a inconsistência verificada na comparação das respostas das Questões 1 e 2 dos Questionários 20 e 42 foram sanadas através de uma análise qualitativa das respostas às Questões 12, 13, 14 e 15 conforme mostra a Tabela 3. A inconsistência foi sanada baseado na consistência das respostas (12, 13, 14 e 15) com a decisão de que o produto é retrabalhado, apesar de problema novo ou sem análise de causa do Questionário 20, e outro do Questionário 42 que no campo “Se outro qual?” do Questionário colocou a seguinte afirmação: “Há um histórico do problema, mas o fornecedor ainda não sabe a causa raiz deste problema”. Demonstrando tratar-se de um problema sem análise de causa que não impediu de o produto defeituoso ser retrabalhado.

Tabela 3 - Avaliação qualitativa de inconsistência dos Questionários 20 e 42

Questão	Descrição	Questionário		AVALIAÇÃO
		20	42	
1	***QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO (Referência)?***	***RETRABALHADO***	***RETRABALHADO***	**REFERÊNCIA**
2	CLASSIFIQUE O TIPO DE DEFEITO INDICADO?	NOVO OU SEM ANÁLISE DE CAUSA	OUTRO ("Há um histórico do problema, mas o fornecedor ainda não sabe a causa raiz deste problema.")	Considerando a consistência das respostas às Questões 12, 13, 14 e 15, e, que no momento de responder o Questionário não havia análise de causa pelo fornecedor como informado entendeu-se que tal resposta é consistente.
12	O RETRABALHO DESSE DEFEITO É POSSÍVEL PELAS ESPECIFICIDADES TÉCNICAS OU PADRÕES DE QUALIDADE?	SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	CONFORME REFERÊNCIA
13	QUANTO AOS CUSTOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO	SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO	CONFORME REFERÊNCIA
14	QUANTO AOS TEMPOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO	SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO	CONFORME REFERÊNCIA
15	A EMPRESA POSSUI OS RECURSOS E MÉTODOS PARA O RETRABALHO?	SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	CONFORME REFERÊNCIA

Avaliação de Inconsistência de respostas entre as Questões 1 e 12

A análise das inconsistências das Questões 1 e 12 foi realizada em planilha Excel utilizando a seguinte sentença lógica: =SE((E(B9="RETRABALHADO";C9="NÃO BASEADO EM AVALIAÇÃO"));"INCONSISTÊNCIA";SE((E(B9="RETRABALHADO";C9="NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO"));"INCONSISTÊNCIA";SE((E(B9="RETRABALHADO";C9="OUTRA SITUAÇÃO"));"INCONSISTÊNCIA";"CONSISTÊNCIA"))). Essa sentença comparou as respostas das Questões 1 e 12 nos 75 Questionários, e definiu a inconsistência de acordo com a combinação apresentada na Matriz mostrado na Tabela 4.

A correlação de inconsistência definida na Matriz da Tabela 4 considera que a decisão de "retrabalhado" da Questão 1 é inconsistente quando o retrabalho não é possível baseado em avaliação, não sabe informar se o retrabalho é possível ou outra situação desconhecida (respostas possíveis na Questão 12).

Tabela 4 - Matriz de Inconsistência de respostas entre as Questões 1 e 12

MATRIZ DE INCONSISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COMBINAÇÃO DE RESPOSTAS					
QUESTÕES 1 / 12		O RETRABALHO DESSE DEFEITO É POSSÍVEL PELAS ESPECIFIDADES TÉCNICAS OU PADRÕES DE QUALIDADE?			
		SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	*NÃO, BASEADO EM AVALIAÇÃO*	*NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO*	*OUTRA SITUAÇÃO*
QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO ?	*SUCATEADO COM CUSTO*	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	RETRABALHADO	CONSISTÊNCIA	INCONSISTÊNCIA	INCONSISTÊNCIA	INCONSISTÊNCIA
	VENDIDO COMO SUCATA (OUTRA EMPRESA)	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	REAPROVEITADO COMO MATÉRIA-PRIMA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	OUTRO	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA

Um dos 75 Questionários respondidos apresentou inconsistência entre as respostas das Questões 1 e 12, totalizando 1% de inconsistência. A Tabela 5 mostra que a única inconsistência está no Questionário de Número 44 (Questão 1=Retrabalhado e Questão 12 = Não sabe informar, não houve avaliação).

Tabela 5 - Identificação das Inconsistências de respostas entre as Questões 1 e 12

Rótulos de Linha	Contagem de Avaliação de inconsistência (1 com 12)
INCONSISTÊNCIA	
44	
RETRABALHADO	
NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO	1
RETRABALHADO Total	1
44 Total	**1**
INCONSISTÊNCIA Total	**1**
Total Geral	**1**

No entanto, a inconsistência verificada na comparação das resposta das Questões 1 e 12 do Questionário 44 foram sanadas através de uma análise qualitativa de informações obtidas

com o respondente via contato telefônico e das respostas às Questões 2, 13, 14 e 15 conforme mostra a Tabela 6. A inconsistência foi sanada baseado na consistência das respostas (2, 13, 14 e 15) e informações qualitativas sobre a realização do retrabalho com a decisão de que o produto é retrabalhado.

Tabela 6 - Avaliação qualitativa de inconsistência do Questionário 44

Questão	**Descrição**	**Questionário**	**AVALIAÇÃO**
		44	
1	***QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO (Referência)?***	***RETRABALHADO***	**REFERÊNCIA**
2	*CLASSIFIQUE O TIPO DE DEFEITO INDICADO?*	COM HISTÓRICO OU COM ANÁLISE DE CAUSA	CONFORME REFERÊNCIA
12	O RETRABALHO DESSE DEFEITO É POSSÍVEL PELAS ESPECIFICIDADES TÉCNICAS OU PADRÕES DE QUALIDADE?	NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO	O respondente via contato telefônico informou que o retrabalho deste defeito é possível pelos padrões de qualidade. A peça é lixada e pintada no local da batida. Então, informou que deve ter havido um engano no momento do preenchimento.
13	QUANTO AOS CUSTOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO	CONFORME REFERÊNCIA
14	QUANTO AOS TEMPOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO	CONFORME REFERÊNCIA
15	A EMPRESA POSSUI OS RECURSOS E MÉTODOS PARA O RETRABALHO?	SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	CONFORME REFERÊNCIA

Avaliação de Inconsistência de respostas entre as Questões 1 e 13

A análise das inconsistências das Questões 1 e 13 foi realizada em planilha Excel utilizando a seguinte sentença lógica: = SE((E(B3="RETRABALHADO";C3="SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS"));"INCONSISTÊNCIA";"CONSISTÊNCIA"). Essa sentença comparou as respostas das Questões 1 e 13 nos 75 Questionários, e definiu a inconsistência de acordo com a combinação apresentada na Matriz mostrado na Tabela 7.

A correlação de inconsistência definida na Matriz da Tabela 7 considera que a decisão de "retrabalhado" da Questão 1 é inconsistente quando os custos de retrabalho são considerados elevados e impraticáveis (resposta possível na Questão 13). Não foram encontradas inconsistências em nenhum dos 75 Questionários.

Tabela 7 - Matriz de Inconsistência de respostas entre as Questões 1 e 13

MATRIZ DE INCONSISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COMBINAÇÃO DE RESPOSTAS					
QUESTÕES 1 / 13		**QUANTO AOS CUSTOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:**			
		SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	*SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO*	*NÃO SABE INFORMAR, POIS NÃO FORAM AVALIADOS OU COMPARADOS*	*OUTRA SITUAÇÃO*
QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO?	*SUCATEADO COM CUSTO*	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	RETRABALHADO	INCONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	VENDIDO COMO SUCATA (OUTRA EMPRESA)	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	REAPROVEITADO COMO MATÉRIA-PRIMA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	OUTRO	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA

Avaliação de Inconsistência de respostas entre as Questões 1 e 14

A análise das inconsistências das Questões 1 e 14 foi realizada em planilha Excel utilizando a seguinte sentença lógica: =SE((E(B3="RETRABALHADO";C3="SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS"));"INCONSISTÊNCIA";"CONSISTÊNCIA"). Essa sentença comparou as respostas das Questões 1 e 14 nos 75 Questionários, e definiu a inconsistência de acordo com a combinação apresentada na Matriz mostrado na Tabela 8.

A correlação de inconsistência definida na Matriz da Tabela 8 considera que a decisão de "retrabalhado" da Questão 1 é inconsistente quando os tempos de retrabalho são considerados elevados e impraticáveis (resposta possível na Questão 14). Não foram encontradas inconsistências em nenhum dos 75 Questionários.

Tabela 8 - Matriz de Inconsistência de respostas entre as Questões 1 e 14

MATRIZ DE INCONSISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COMBINAÇÃO DE RESPOSTAS					
QUESTÕES 1 / 14		QUANTO AOS TEMPOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:			
		SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	*SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO*	*NÃO SABE INFORMAR, POIS NÃO FORAM AVALIADOS OU COMPARADOS*	*OUTRA SITUAÇÃO*
QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO?	*SUCATEADO COM CUSTO*	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	RETRABALHADO	INCONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	VENDIDO COMO SUCATA (OUTRA EMPRESA)	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	REAPROVEITADO COMO MATÉRIA-PRIMA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	OUTRO	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA

Avaliação de Inconsistência de respostas entre as Questões 1 e 15

A análise das inconsistências das Questões 1 e 15 foi realizada em planilha Excel utilizando a seguinte sentença lógica: =SE((E(B3="RETRABALHADO";C3="NÃO BASEADO EM AVALIAÇÃO"));"INCONSISTÊNCIA";SE((E(B3="RETRABALHADO";C3="NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO"));"INCONSISTÊNCIA";SE((E(B3="RETRABALHADO";C3="OUTRA SITUAÇÃO"));"INCONSISTÊNCIA";"CONSISTÊNCIA"))). Essa sentença comparou as respostas das Questões 1 e 15 nos 75 Questionários, e definiu a inconsistência de acordo com a combinação apresentada na Matriz mostrado na Tabela 9.

A correlação de inconsistência definida na Matriz da Tabela 9 considera que a decisão de "retrabalhado" da Questão 1 é inconsistente a empresa não possui os recursos e métodos para o retrabalho, não sabe informar ou outra situação desconhecida (respostas possíveis na Questão 15).

Tabela 9 - Matriz de Inconsistência de respostas entre as Questões 1 e 15

MATRIZ DE INCONSISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COMBINAÇÃO DE RESPOSTAS					
QUESTÕES 1 / 15		A EMPRESA POSSUI OS RECURSOS E MÉTODOS PARA O RETRABALHO?			
		SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	*NÃO, BASEADO EM AVALIAÇÃO*	*NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO*	*OUTRA SITUAÇÃO*
QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO?	*SUCATEADO COM CUSTO*	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	RETRABALHADO	CONSISTÊNCIA	INCONSISTÊNCIA	INCONSISTÊNCIA	INCONSISTÊNCIA
	VENDIDO COMO SUCATA (OUTRA EMPRESA)	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	REAPROVEITADO COMO MATÉRIA-PRIMA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	OUTRO	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA

Um dos 75 Questionários respondidos apresentou inconsistência entre as respostas das Questões 1 e 15, totalizando 1% de inconsistências. A Tabela 10 mostra que a única inconsistência está no Questionário de Número 1 (Questão 1=Retrabalhado e Questão 15 = Não sabe informar, não houve avaliação).

Tabela 10 - Identificação das Inconsistências de respostas entre as Questões 1 e 15

Rótulos de Linha	Contagem de Avaliação de inconsistência (1 com 15)
INCONSISTÊNCIA	
1	
RETRABALHADO	
NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO	1
RETRABALHADO Total	1
1 Total	**1**
INCONSISTÊNCIA Total	**1**
Total Geral	**1**

No entanto, a inconsistência verificada na comparação das respostas das Questões 1 e 15 do Questionário 01 foi sanada através de uma análise qualitativa de informações obtidas com o

respondente via contato telefônico e das respostas às Questões 2, 12, 13 e 14 conforme mostra a Tabela 11.

Tabela 11 - Avaliação qualitativa de inconsistência do Questionário 01

Questão	Descrição	Questionário 01	AVALIAÇÃO
1	***QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO (Referência)?***	***RETRABALHADO***	**REFERÊNCIA**
2	*CLASSIFIQUE O TIPO DE DEFEITO INDICADO?*	COM HISTÓRICO OU COM ANÁLISE DE CAUSA	CONFORME REFERÊNCIA
12	O RETRABALHO DESSE DEFEITO É POSSÍVEL PELAS ESPECIFICIDADES TÉCNICAS OU PADRÕES DE QUALIDADE?	NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO	CONFORME REFERÊNCIA
13	QUANTO AOS CUSTOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO	CONFORME REFERÊNCIA
14	QUANTO AOS TEMPOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO	CONFORME REFERÊNCIA
15	A EMPRESA POSSUI OS RECURSOS E MÉTODOS PARA O RETRABALHO?	NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO	O respondente via contato telefônico informou que provavelmente se enganou no preenchimento da resposta, pois o retrabalho é relativamente simples tratando-se de um problema de montagem onde a peça é retirada e montada novamente. O Projeto permite esse tipo de falha durante a montagem (peça invertida de posição).

Avaliação de Inconsistência de respostas entre as Questões 1 e 16

A análise das inconsistências das Questões 1 e 16 foi realizada em planilha Excel utilizando a seguinte sentença lógica: = SE((E(C3="SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS";B3="SUCATEADO COM CUSTO"));"INCONSISTÊNCIA";SE((E(C3="SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS";B3="VENDIDO COMO SUCATA (OUTRA EMPRESA)"));"INCONSISTÊNCIA";SE((E(C3="SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS";B3="OUTRO"));"INCONSISTÊNCIA";"CONSISTÊNCIA"))). Essa sentença comparou as respostas das Questões 1 e 16 nos 75 Questionários, e definiu a inconsistência de acordo com a combinação apresentada na Matriz mostrado na Tabela 12.

A correlação de inconsistência definida na Matriz da Tabela 12 considera que a decisão de sucateado com custo, vendido como sucata e outro da Questão 1 é inconsistente quando os custos de descarte são considerados elevados e impraticáveis (resposta possível na Questão 16).

Tabela 12 - Matriz de Inconsistência de respostas entre as Questões 1 e 16

MATRIZ DE INCONSISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COMBINAÇÃO DE RESPOSTAS					
QUESTÕES 1 / 16		**QUANTO AOS CUSTOS DE DESCARTE DESSE PRODUTO DEFEITUOSO:**			
		SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	*SÃO RAZOÁVEIS E NÃO INVIABILIZAM SUA REALIZAÇÃO*	*NÃO SABE INFORMAR, POIS NÃO FORAM AVALIADOS OU COMPARADOS*	*OUTRA SITUAÇÃO*
QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO?	*SUCATEADO COM CUSTO*	INCONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	RETRABALHADO	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	VENDIDO COMO SUCATA (OUTRA EMPRESA)	INCONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	REAPROVEITADO COMO MATÉRIA-PRIMA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA
	OUTRO	INCONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA	CONSISTÊNCIA

Três dos 75 Questionários respondidos apresentaram inconsistência entre as respostas das Questões 1 e 16, totalizando 4% de inconsistências. A Tabela 13 mostra que as três inconsistências estão nos Questionários de Número 8 (Questão 1 = Vendido como sucata e Questão 16 = São considerados elevados e impraticáveis), 29 e 36 (Questão 1 = Sucateado com custo e Questão 16 = São considerados elevados e impraticáveis).

Tabela 13 - Identificação das Inconsistências de respostas entre as Questões 1 e16

Rótulos de Linha	Contagem de Avaliação de inconsistência (1 com 16)
INCONSISTÊNCIA	
8	
VENDIDO COMO SUCATA (OUTRA EMPRESA)	
SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	1
VENDIDO COMO SUCATA (OUTRA EMPRESA) Total	1
8 Total	**1**
29	
SUCATEADO COM CUSTO	
SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	1
SUCATEADO COM CUSTO Total	1
29 Total	**1**
36	
SUCATEADO COM CUSTO	
SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	1
SUCATEADO COM CUSTO Total	1
36 Total	**1**
INCONSISTÊNCIA Total	**3**
Total Geral	**3**

No entanto, a inconsistência verificada na comparação das respostas das Questões 1 e 16 dos Questionários 08, 29 e 36 foram sanadas através de uma análise qualitativa de informações obtidas a partir de respostas à outras perguntas conforme mostram as Tabela 14, 15 e 16.

Pela análise da Tabela 14, o Questionário 8 apresenta a seguinte conclusão: As respostas às Questões 18 e 19 parecem influenciar diretamente na decisão de vender o produto defeituoso como sucata, apesar dos elevados custos de descarte (Questão 16 que gerou a inconsistência inicial); o alto valor agregado (Questão 11); e a possibilidade de retrabalho considerando os aspectos técnicos (Questão 12) e os recursos existentes na empresa (Questão 15). Dessa forma, a inconsistência é sanada.

Tabela 14 - Avaliação qualitativa de inconsistência do Questionário 08

Questão	Descrição	Questionário 08	AVALIAÇÃO
1	***QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO (Referência)?***	***VENDIDO COMO SUCATA (OUTRA EMPRESA)***	**Resposta do questionário: base da comparação de inconsistência.**
2	CLASSIFIQUE O TIPO DE DEFEITO INDICADO?	COM HISTÓRICO OU COM ANÁLISE DE CAUSA	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
11	QUAL O NÍVEL PERCENTUAL DE VALOR AGREGADO (CUSTO) NO PRODUTO DEFEITUOSO EM RELAÇÃO AO SEU ESTADO FINAL (RAZÃO ENTRE O CUSTO NO MOMENTO DO DEFEITO E O CUSTO FINAL)?	ENTRE 76% E 100%	Quest.8: Alto valor agregado tende a inviabilizar o descarte devido a custos elevados.
12	O RETRABALHO DESSE DEFEITO É POSSÍVEL PELAS ESPECIFICIDADES TÉCNICAS OU PADRÕES DE QUALIDADE?	SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	RESPOSTAS NÃO COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
13	QUANTO AOS CUSTOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	OUTRA SITUAÇÃO ("São considerados elevados, mas menores do que o descarte.")	**Quest.8:** Constata inconsistência quando comenta que é elevado o custo e o tempo do retrabalho, mas menor do que o descarte. Contudo, mantém uma decisão de descarte.
14	QUANTO AOS TEMPOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	OUTRA SITUAÇÃO ("São elevados, mas menores do que o descarte.")	
15	A EMPRESA POSSUI OS RECURSOS E MÉTODOS PARA O RETRABALHO?	SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	RESPOSTAS NÃO COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
16	QUANTO AOS CUSTOS DE DESCARTE DESSE PRODUTO DEFEITUOSO:	SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	RESPOSTAS NÃO COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
18	EXISTE ALGUMA POLÍTICA DE QUALIDADE CONTRA O RETRABALHO?	**SIM ("O retrabalho só é permitido em casos pontuais, onde eventualmente houve uma falha humana e o retrabalho é uma atividade relativamente simples e rápida.")**	Quest.8: A existência de política contra o retrabalho justifica a venda como sucata mesmo com custos elevados e alto valor agregado, sendo possível o retrabalho e tendo-se todos os recursos.
19	EXISTE UMA METODOLOGIA OU CRITÉRIOS DEFINIDOS E CLAROS PARA DECIDIR SOBRE A DESTINAÇÃO DE PRODUTOS DEFEITUOSOS NA EMPRESA?	**SIM ("A satisfação do cliente. O cliente entende como risco receber um lote de peças retrabalhados. Principalmente tratando-se de um item de segurança.")**	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA.
20	MARQUE OS FATORES NECESSÁRIOS E EFETIVAMENTE CONTABILIZADOS NESSA TOMADA DE DECISÃO:	CUSTOS DE RETRABALHO; CUSTOS DE DESCARTE; CUSTOS INDIRETOS COM ANÁLISE E AÇÕES ADMINISTRATIVAS DE APOIO; PRAZOS DE ENTREGA; SATISFAÇÃO DO CLIENTE; TEMPO DISPONÍVEL PARA O RETRABALHO; TEMPO DISPONÍVEL PARA REPOR O PRODUTO AO PROCESSO SEGUINTE.	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
OBSERVAÇÃO FINAL		**As respostas às Questões 18 e 19 parecem influenciar diretamente na decisão de vender o produto defeituoso como sucata, apesar dos elevados custos de descarte (Questão 16 que gerou a inconsistência inicial); o alto valor agregado (Questão 11); e a possibilidade de retrabalho considerando os aspectos técnicos (Questão 12) e os recursos existentes na empresa (Questão 15).**	

Pela análise da Tabela 15, o Questionário 29 apresenta a seguinte conclusão: As respostas às Questões 13 e 14 igualam a condição de custo e tempo elevados de retrabalho com as geradas pela Questão 16 (custo de descarte elevados - inconsistência inicial). Então, diante da igualdade de condições nas duas decisões, a Questão 19 indica correlação a decisão de descarte juntamente com o baixo valor agregado (Até 10%) da Questão 11, o que provavelmente influencia a decisão de não retrabalhar sanando a inconsistência.

Tabela 15 - Avaliação qualitativa de inconsistência dos Questionário 29

Questão	Descrição	Questionário 29	AVALIAÇÃO
1	***QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO (Referência)?***	***SUCATEADO COM CUSTO***	**Resposta do questionário: base da comparação de inconsistência.**
2	CLASSIFIQUE O TIPO DE DEFEITO INDICADO?	COM HISTÓRICO OU COM ANÁLISE DE CAUSA	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
11	QUAL O NÍVEL PERCENTUAL DE VALOR AGREGADO (CUSTO) NO PRODUTO DEFEITUOSO EM RELAÇÃO AO SEU ESTADO FINAL (RAZÃO ENTRE O CUSTO NO MOMENTO DO DEFEITO E O CUSTO FINAL)?	ATÉ 10%	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA. Baixo valor agregado viabiliza economicamente o descarte.
12	O RETRABALHO DESSE DEFEITO É POSSÍVEL PELAS ESPECIFICIDADES TÉCNICAS OU PADRÕES DE QUALIDADE?	SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	RESPOSTAS NÃO COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
13	QUANTO AOS CUSTOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA. Iguala a condição de custo e tempo das opções de retrabalho e descarte indicando que outro fator deve ter influenciado na decisão.
14	QUANTO AOS TEMPOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	
15	A EMPRESA POSSUI OS RECURSOS E MÉTODOS PARA O RETRABALHO?	SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	RESPOSTAS NÃO COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
16	QUANTO AOS CUSTOS DE DESCARTE DESSE PRODUTO DEFEITUOSO:	SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	RESPOSTAS NÃO COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
18	EXISTE ALGUMA POLÍTICA DE QUALIDADE CONTRA O RETRABALHO?	NÃO	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA.
19	EXISTE UMA METODOLOGIA OU CRITÉRIOS DEFINIDOS E CLAROS PARA DECIDIR SOBRE A DESTINAÇÃO DE PRODUTOS DEFEITUOSOS NA EMPRESA?	SIM ("Vender como sucata")	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA.
20	MARQUE OS FATORES NECESSÁRIOS E EFETIVAMENTE CONTABILIZADOS NESSA TOMADA DE DECISÃO:	OUTROS ("Peças sem condições de retrabalho.")	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
OBSERVAÇÃO FINAL		**As respostas às Questões 13 e 14 igualam a condição de custo e tempo elevados de retrabalho com as geradas pela Questão 16 (custo de descarte elevados - inconsistência inicial). Então, diante da igualdade de condições nas duas decisões, a Questão 19 indica uma correlação a decisão de descarte juntamente com o baixo valor agregado (Até 10%) da Questão 11, o que provavelmente influencia a decisão de não retrabalhar.**	

Pela análise da Tabela 16, o Questionário 36 apresenta a seguinte conclusão: As respostas às Questões 13 e 14 igualam a condição de custo e tempo elevados de retrabalho com as geradas pela Questão 16 (custo de descarte elevados - inconsistência inicial). Então, diante da igualdade de condições nas duas decisões, a Questão 11 (até 10%) indica correlação a decisão de descarte, o que provavelmente influencia a decisão de não retrabalhar, sanando a inconsistência.

Tabela 16 - Avaliação qualitativa de inconsistência dos Questionário 36

Questão	Descrição	Questionário	AVALIAÇÃO
		36	
1	***QUAL DESTINO É DADO AO PRODUTO DEFEITUOSO (Referência)?***	***SUCATEADO COM CUSTO***	**Resposta do questionário: base da comparação de inconsistência.**
2	CLASSIFIQUE O TIPO DE DEFEITO INDICADO?	COM HISTÓRICO OU COM ANÁLISE DE CAUSA	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
11	QUAL O NÍVEL PERCENTUAL DE VALOR AGREGADO (CUSTO) NO PRODUTO DEFEITUOSO EM RELAÇÃO AO SEU ESTADO FINAL (RAZÃO ENTRE O CUSTO NO MOMENTO DO DEFEITO E O CUSTO FINAL)?	ATÉ 10%	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA. Baixo valor agregado viabiliza economicamente o descarte.
12	O RETRABALHO DESSE DEFEITO É POSSÍVEL PELAS ESPECIFICIDADES TÉCNICAS OU PADRÕES DE QUALIDADE?	SIM, BASEADO EM AVALIAÇÃO	RESPOSTAS NÃO COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
13	QUANTO AOS CUSTOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA. Iguala a condição de custo e tempo das opções de retrabalho e descarte indicando que outro fator deve ter influenciado na decisão.
14	QUANTO AOS TEMPOS DE RETRABALHO DESSE DEFEITO:	SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	
15	A EMPRESA POSSUI OS RECURSOS E MÉTODOS PARA O RETRABALHO?	NÃO SABE INFORMAR, NÃO HOUVE AVALIAÇÃO	RESPOSTAS NÃO COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
16	QUANTO AOS CUSTOS DE DESCARTE DESSE PRODUTO DEFEITUOSO:	SÃO CONSIDERADOS ELEVADOS E IMPRATICÁVEIS	RESPOSTAS NÃO COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
18	EXISTE ALGUMA POLÍTICA DE QUALIDADE CONTRA O RETRABALHO?	NÃO	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA.
19	EXISTE UMA METODOLOGIA OU CRITÉRIOS DEFINIDOS E CLAROS PARA DECIDIR SOBRE A DESTINAÇÃO DE PRODUTOS DEFEITUOSOS NA EMPRESA?	SIM (Sem informação no campo “Quais?”)	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA.
20	MARQUE OS FATORES NECESSÁRIOS E EFETIVAMENTE CONTABILIZADOS NESSA TOMADA DE DECISÃO:	CUSTOS DE RETRABALHO; CUSTOS DE DESCARTE; CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA NA UTILIZAÇÃO DE RECURSOS PRODUTIVOS; CUSTOS DE OPORTUNIDADE PERDIDA COM PERDA DE CLIENTES; PRAZOS DE ENTREGA; SATISFAÇÃO DO CLIENTE; TEMPO DISPONÍVEL PARA O RETRABALHO.	RESPOSTAS COLABORAM PARA SANAR INCONSISTÊNCIA
OBSERVAÇÃO FINAL		**As respostas às Questões 13 e 14 igualam a condição de custo e tempo elevados de retrabalho com as geradas pela Questão 16 (custo de descarte elevados - inconsistência inicial). Então, diante da igualdade de condições nas duas decisões, a Questão 11 (até 10%) indica correlação a decisão de descarte, o que provavelmente influencia a decisão de não retrabalhar.**	

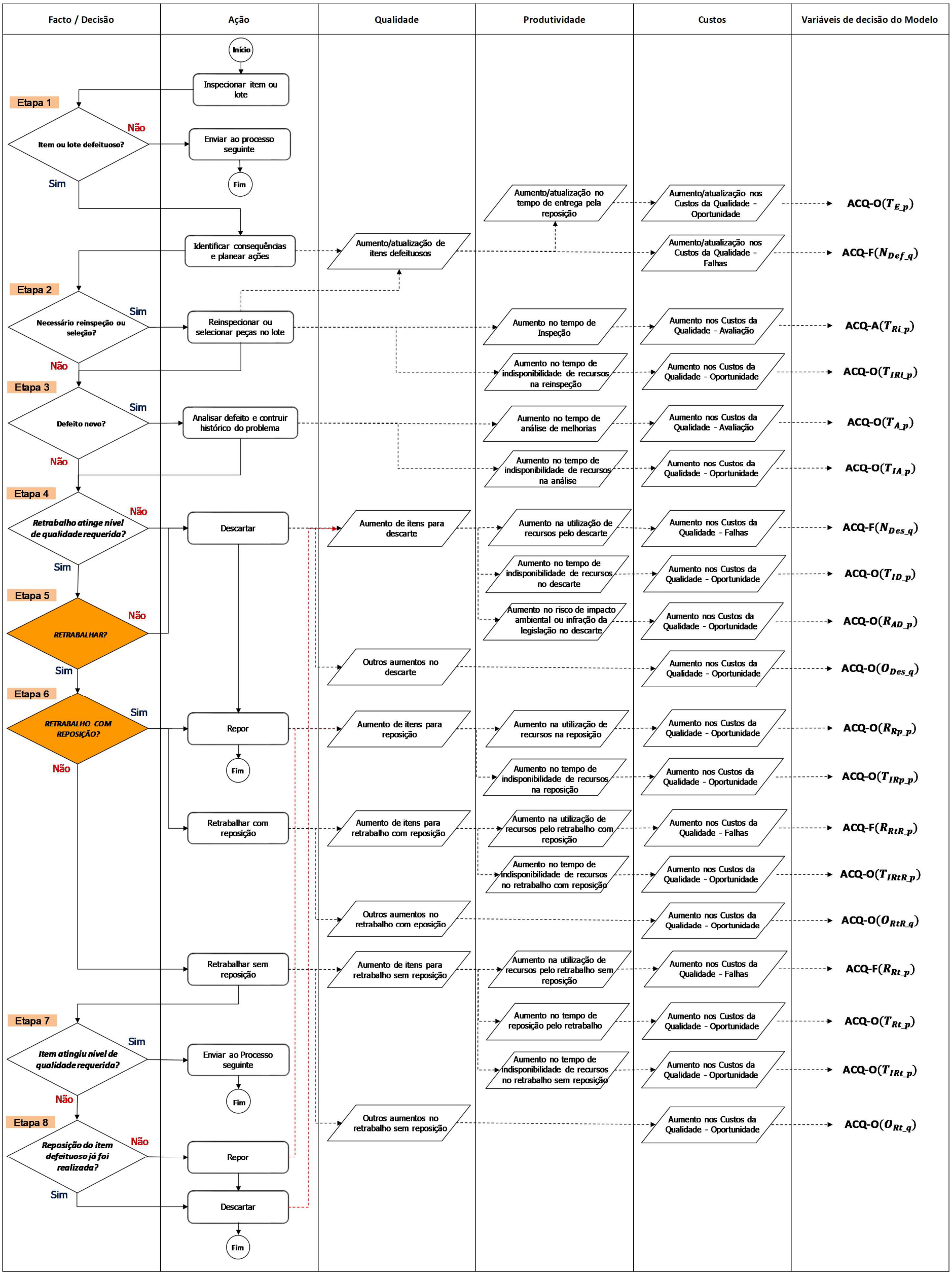
APÊNDICE III – DESCRIÇÃO DETALHADA DO FLUXOGRAMA DA ANÁLISE DE DECISÃO PARA PREENCHIMENTO DOS EFEITOS NA QUALIDADE, PRODUTIVIDADE E CUSTO (MANUAL DE UTILIZADOR)

Sequenciamento de ações e efeitos a partir da Decisão / Facto indicado

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Decisão ou Facto	**Decisão / Facto**	**Ações de consequência da decisão / facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Situação**	**Quantificação dos efeitos**
1	Item ou lote defeituoso?	Não	Enviar ao processo seguinte	-	-	-	-	**Fim do fluxo**	Não há
		Sim	Identificar consequências e planear ações	Aumento de itens defeituosos	Aumento no tempo de entrega pela reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})	**Ir para a próxima decisão**	ACQ-O(T_{E_p}) + ACQ-F(N_{Def_q})
					-	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})		
2	Necessário reinspeção ou seleção?	Sim	Reinspecionar ou selecionar peças no lote	-	Aumento no tempo de Inspeção	Aumento nos Custos da Qualidade - Avaliação	ACQ-A(T_{Ri_p})	**Ir para o próximo facto**	ACQ-O(T_{E_p}) + ACQ-F(N_{Def_q}) + ACQ-A(T_{Ri_p}) + ACQ-O(T_{IRi_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reinspeção	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRi_p})		
				Atualização no aumento de itens defeituosos	Atualização no aumento do tempo de entrega pela reposição	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})		
					-	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})		
		Não	-	-	-	-	-	**Ir para o próximo facto**	Não há
3	Defeito novo?	Sim	Analisar defeito e construir histórico do problema	-	Aumento no tempo de análise de melhorias	Aumento nos Custos da Qualidade - Avaliação	ACQ-A(T_{A_p})	**Ir para o próximo facto**	ACQ-A(T_{A_p}) + ACQ-O(T_{IA_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na análise	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IA_p})		
		Não	-	-	-	-	-	**Ir para o próximo facto**	Não há
4	Retrabalho atinge nível de qualidade requerida?	Não	Descartar	Aumento de itens para descarte	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	**Ir para a próxima ação**	ACQ-F(N_{Des_q}) + ACQ-O(T_{ID_p}) + ACQ-O(R_{AD_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})		
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})		
			Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	**Fim do fluxo**	ACQ-O(R_{Rp_p}) + ACQ-O(T_{IRp_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})		
		Sim	-	-	-	-	-	**Ir para a próxima decisão**	Não há

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Decisão ou Facto	**Decisão / Facto**	**Ações de consequência da decisão / facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Situação**	**Quantificação dos efeitos**
5	RETRABALHAR?	Não	Descartar	Aumento de itens para descarte	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	**Ir para a próxima ação**	ACQ-F(N_{Des_q}) + ACQ-O(T_{ID_p}) + ACQ-O(R_{AD_p}) + ACQ-O(O_{Des_q})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})		
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})		
				Outros aumentos no descarte	-	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(O_{Des_q})		
			Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	**Fim do fluxo**	ACQ-O(R_{Rp_p}) + ACQ-O(T_{IRp_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})		
		Sim	-	-	-	-	-	**Ir para a próxima decisão**	Não há
6	RETRABALHO COM REPOSIÇÃO?	Sim	Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	**Ir para o próximo facto**	ACQ-O(R_{Rp_p}) + ACQ-O(T_{IRp_p}) + ACQ-F(R_{RtR_p}) + ACQ-O(T_{IRtR_p}) + ACQ-O(O_{RtR_q})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})		
			Retrabalhar	Aumento de itens para retrabalho	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho com reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(R_{RtR_p})		
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho com reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRtR_p})		
				Outros aumentos no retrabalho com reposição	-	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(O_{RtR_q})		
		Não	Retrabalhar	Aumento de itens para retrabalho	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho sem reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(R_{Rt_p})	**Ir para o próximo facto**	ACQ-F(R_{Rt_p}) + ACQ-O(T_{Rt_p}) + ACQ-O(T_{IRt_p}) + ACQ-O(O_{Rt_q})
					Aumento no tempo de reposição pelo retrabalho	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{Rt_p})		
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho sem reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRt_p})		
				Outros aumentos no retrabalho sem reposição	-	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(O_{Rt_q})		
7	Item atingiu nível de qualidade requerida?	Sim	Enviar ao processo seguinte	-	-	-	-	**Fim do fluxo**	Não há
		Não	-	-	-	-	-	**Ir para o próximo facto**	Não há

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Decisão ou Facto	**Decisão / Facto**	**Ações de consequência da decisão / facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Situação**	**Quantificação dos efeitos**
8	Reposição do item defeituoso já foi realizada?	Não	Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	**Ir para a próxima ação**	ACQ-O(R_{Rp_p}) + ACQ-O(T_{IRp_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})		
			Descartar	Aumento de itens para descarte	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	**Fim do fluxo**	ACQ-F(N_{Des_q}) + ACQ-O(T_{ID_p}) + ACQ-O(R_{AD_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})		
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})		
		Sim	Descartar	Aumento de itens para descarte	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	**Fim do fluxo**	ACQ-F(N_{Des_q}) + ACQ-O(T_{ID_p}) + ACQ-O(R_{AD_p})
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})		
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})		



Fluxograma da análise de decisão

APÊNDICE IV - DESCRIÇÃO DETALHADA PARA IDENTIFICAÇÃO E PREENCHIMENTO DOS EFEITOS NA QUALIDADE, PRODUTIVIDADE E CUSTO (MANUAL DE UTILIZADOR)

FACTO 1 – ITENS OU LOTE DEFEITUOSO?

Opção: Sim.

Ação de consequência do Facto: Identificar consequências e planear ações - Em um estágio inicial, os itens defeituosos são segregados (retirados do fluxo produtivo planeado) para que decisões, ações sejam planeadas e executas.

Efeitos na Qualidade:

Aumento de itens defeituosos - As quantidades de itens defeituosos devem ser identificadas para que os efeitos na produtividade e custo sejam devidamente contabilizados.

Efeitos na Produtividade:

Aumento no tempo de entrega pela reposição - A identificação de itens defeituosos pode comprometer o planeamento produtivo inicial e aumentar o tempo de entrega, tanto ao processo seguinte, como ao cliente externo. Esse aumento no tempo de entrega pela ação de reposição planeada pode incidir em paragens produtivas por falta de recursos gerando ociosidade e não atendimento de planos de produção. Assim como, pode atrasar entregas a clientes externos com prejuízo de insatisfação dos clientes, multas, quebras de contrato e perda de vendas por desabastecimento de mercado consumidor.

Situação: Ir para a próxima decisão - Na sequência indicada pela decisão, os efeitos na qualidade e na produtividade indicam custos associados ao aumento no tempo de entrega (ACQ-O(T_{E_p})) e aumento de itens defeituosos (ACQ-F(N_{Def_q})). Então, resultados parciais referentes ao processo de tomada de decisão são identificados e apresentados no formato de custo.

Quantificação dos efeitos: ACQ-O(T_{E_p}) + ACQ-F(N_{Def_q}).

DECISÃO 2 – NECESSÁRIO REINSPEÇÃO OU SELEÇÃO?

Opção: Sim.

Ação de consequência da decisão: Reinspecionar ou selecionar peças no lote - Essa ação pode alterar os efeitos iniciais aumentando ou reduzindo a quantidade de itens defeituosos.

Efeitos na Qualidade:

Atualização no aumento de itens defeituosos - A atualização das quantidades de itens defeituosos deve ocorrer no caso de reinspeção. Pois, as quantidades iniciais de itens defeituosos de lote ou confirmação de diagnóstico podem ser alteradas.

Efeitos na Produtividade:

a) *Aumento no tempo de Inspeção* - A ação de reinspecionar pode comprometer o planeamento produtivo inicial e aumentar o tempo de inspeção planeado com efeito nos custos da qualidade (avaliação).

b) *Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reinspeção* - A ação de reinspecionar pode comprometer o planeamento produtivo inicial e aumentar o tempo de inspeção planeado com efeito na indisponibilidade de recursos, e consequentemente nos custos da qualidade (oportunidade). Essa indisponibilidade pode ser verificada quando recursos destinados a inspeção estão ocupados (sendo utilizados) por atividade de reinspeção (não planeada inicialmente) quando deveriam estar atendendo atividade planeada.

c) *Atualização no aumento do tempo de entrega pela reposição* - A atualização das quantidades de itens defeituosos devido a reinspeção pode alterar o efeito inicial do aumento no tempo de entrega.

Situação: Ir para a próxima decisão - Na sequência indicada pela decisão, os efeitos na qualidade e na produtividade indicam custos associados a atualização no aumento do tempo de entrega (ACQ-O(T_{E_p})) e de itens defeituosos (ACQ-F(N_{Def_q})). Assim como, no aumento do tempo de inspeção (ACQ-A(T_{Ri_p})) e tempo de indisponibilidade de recursos na reinspeção (ACQ-O(T_{IRi_p})). Então, resultados parciais referentes ao processo de tomada de decisão são identificados e apresentados no formato de custo.

Quantificação dos efeitos: ACQ-O(T_{E_p}) + ACQ-F(N_{Def_q}) + ACQ-A(T_{Ri_p}) + ACQ-O(T_{IRi_p}).

FACTO 3 – DEFEITO NOVO?

Opção: Sim.

Ação de consequência do Facto: Analisar defeito e construir histórico do problema - Consiste em analisar os mecanismos de causa do defeito e as possibilidades de saná-lo. Deve-se identificar os sintomas no cliente interno ou externo, mecanismos de causa e métodos para restabelecer as funções ou não. Deve ser definida a possibilidade de eliminar o defeito e seus respectivos efeitos, ou não, nessa análise, considerando o tempo disponível e seu respectivo efeito na produtividade e custo. Relatórios ou outras formas de registo devem ser consolidados e mantidos para posterior consulta (históricos).

Efeitos na Produtividade:

a) *Aumento no tempo de análise de melhorias* - A ação de analisar o defeito e construir histórico do problema pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o tempo de análises planeadas com efeito nos custos da qualidade (falhas).

b) *Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na análise* - A ação de analisar o defeito e construir histórico do problema pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o tempo de análises planeadas, com efeito na indisponibilidade de recursos, e consequentemente nos custos da qualidade (oportunidade). Essa indisponibilidade pode ser verificada quando recursos destinados para análises estão ocupados (sendo utilizados) pela atividade de análise do defeito (não planeada inicialmente) quando deveriam estar atendendo atividade planeada.

Situação: Ir para a próxima decisão - Indica que o fluxo de informações para o processo de tomada de decisão deve continuar na próxima decisão. O ponto de partida, até a indicação da situação, é a opção de decisão selecionada ("Defeito novo? Sim"). O ponto de indicação da situação corresponde ao término de uma sequência onde decisão, ação e efeitos na qualidade, produtividade e custo são contabilizados e resultados parciais são fornecidos. Na sequência indicada pela decisão, os efeitos na qualidade e na produtividade indicam custos associados ao aumento no tempo de análise (ACQ-A(T_{A_p})) e aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na análise (ACQ-O(T_{IA_p})). Então, resultados parciais referentes ao processo de tomada de decisão são identificados e apresentados no formato de custo.

Quantificação dos efeitos: ACQ-A(T_{A_p}) + ACQ-O(T_{IA_p}).

FACTO 4 – RETRABALHO ATINGE NÍVEL DE QUALIDADE REQUERIDA?

Opção: Não.

Ação de consequência do Facto:

a) Descartar - Baseada numa informação preliminar de que o retrabalho não atinge a qualidade requerida, um pressuposto da qualidade para realizar o retrabalho, descartar o item defeituoso torna-se a única opção de destinação. Essa ação incide em efeitos na qualidade, produtividade e custo inevitáveis.

b) Repor - Ao descartar um produto defeituoso, a necessidade de reposição ao processo seguinte é iminente. Então, a reposição deve ser planeada e executada de tal forma que minimize os efeitos na qualidade, produtividade e custo.

Efeitos na Qualidade:

a) *Aumento de itens para descarte* - As quantidades de itens defeituosos efetivamente encaminhadas ao descarte devem ser identificadas para que os efeitos na produtividade e custo sejam devidamente contabilizados.

b) *Aumento de itens para reposição* - As quantidades de itens necessários ao restabelecimento do planeamento produtivo, considerando os clientes internos e externo, devem ser identificadas para que os efeitos na produtividade e custo sejam devidamente contabilizados.

Efeitos na Produtividade:

a) *Aumento na utilização de recursos pelo descarte* - O descarte de itens pode comprometer o planeamento inicial e aumentar a utilização de recursos durante o descarte, causando efeito nos custos da qualidade (falha). Esse aumento pode ser verificado quando recursos forem utilizados pela atividade de descarte de itens defeituosos (não planeada inicialmente). Desde recursos administrativos, energia, de armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e equipamentos devem ser contabilizados.

b) *Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte* - O descarte de itens pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o tempo de indisponibilidade de recursos durante o descarte, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Essa indisponibilidade pode ser verificada quando recursos destinados a outras atividades planeadas estão ocupados (sendo utilizados) pela atividade de descarte de itens defeituosos (não planeada inicialmente). O aumento no tempo de indisponibilidade no descarte com recursos administrativos, de armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e equipamentos devem ser contabilizados.

c) *Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte* - O descarte de itens pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o risco de impacto ambiental ou infração da legislação durante o descarte, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Esses riscos estão associados a multas, indenizações e ações judiciais decorrentes de fiscalização governamental. Esse aspecto pode tornar inviável uma ação de descarte.

d) *Aumento na utilização de recursos na reposição* - A identificação de itens defeituosos pode comprometer o planeamento produtivo inicial e aumentar a utilização de recursos pela ação planeada de reposição, tanto ao processo seguinte, como ao cliente externo. Esse aumento pela ação de reposição planeada deve ser identificado para que os efeitos nos custos sejam devidamente contabilizados. A ação de reposição planeada pode ser executada em regimes extraordinários de trabalho, no plano de produção seguinte ou ser prevista por taxa de defeitos.

e) *Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição* - A ação de reposição planeada de itens defeituosos pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o tempo de indisponibilidade de recursos durante a reposição, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Essa indisponibilidade pode ser verificada quando recursos destinados a outras atividades planeadas estão ocupados (sendo utilizados) pela atividade de reposição de itens defeituosos (não planeada dentro da normalidade). O aumento no tempo de indisponibilidade de recursos administrativos, de armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e equipamentos devem ser contabilizados.

Situação:

a) Ir para a próxima ação - Indica que o fluxo de informações para o processo de tomada de decisão deve continuar na próxima ação (reposição). O ponto de partida, até a indicação da situação, é a opção de decisão selecionada ("Retrabalho atinge mesmo nível de qualidade requerida? Não"). O ponto de indicação da situação corresponde ao término de uma sequência onde decisão, ação e efeitos na qualidade, produtividade e custo são contabilizados e resultados parciais são fornecidos. Na sequência indicada pela decisão, os efeitos na qualidade e na produtividade indicam custos associados ao aumento de itens para descarte e/ou aumento na utilização de recursos pelo descarte (ACQ-F(N_{Des_q})), aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte (ACQ-O(T_{ID_p})) e aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte (ACQ-O(R_{AD_p})). Então, resultados parciais referentes ao processo de tomada de decisão são identificados e apresentados no formato de custo.

Quantificação dos efeitos: ACQ-F(N_{Des_q}) + ACQ-O(T_{ID_p}) + ACQ-O(R_{AD_p}).

b) Fim do fluxo - Indica o término do fluxo de informações para o processo de tomada de decisão. O ponto de partida, até a indicação da situação, é a opção de decisão selecionada ("Retrabalho atinge mesmo nível de qualidade requerida? Não"). O ponto de indicação da situação corresponde ao término de uma sequência onde decisão, ação e efeitos na qualidade, produtividade e custo são contabilizados e resultados parciais e finais são fornecidos. Na sequência indicada pela decisão, efeitos na qualidade e na produtividade indicam custos associados ao aumento na utilização de recursos na reposição (ACQ-O(R_{Rp_p})) e aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição (ACQ-O(T_{IRp_p})). Então, resultados parciais e finais referentes ao processo de tomada de decisão são identificados e apresentados no formato de custo.

Quantificação dos efeitos: ACQ-O(R_{Rp_p}) + ACQ-O(T_{IRp_p}).

DECISÃO 5 – RETRABALHAR?

Opção: Não.

Ação de consequência da decisão:

a) Descartar - Essa ação é consequência de um processo de tomada de decisão que analisa e compara as combinações dos efeitos na qualidade, produtividade e custo a fim de minimizar os custos da qualidade. Essa ação incide em efeitos na qualidade, produtividade e custo menores do que no retrabalho.

b) Repor - Essa ação é consequência de um processo de tomada de decisão que ao analisar e comparar as combinações dos efeitos na qualidade, produtividade e custo optou pelo descarte do item defeituoso. Então, essa reposição minimiza os efeitos na qualidade, produtividade e custo quando decidido o descarte.

Efeitos na Qualidade:

a) *Aumento de itens para descarte* - As quantidades de itens defeituosos efetivamente encaminhadas ao descarte devem ser identificadas para que os efeitos na produtividade e custo sejam devidamente contabilizados.

b) *Outros aumentos no descarte* - Esse efeito é utilizado somente quando julgado necessário, para incluir aspecto não contemplado no Modelo.

c) *Aumento de itens para reposição* - As quantidades de itens necessários ao restabelecimento do planeamento produtivo, considerando os clientes internos e externo, devem ser identificadas para que os efeitos na produtividade e custo sejam devidamente contabilizados.

Efeitos na Produtividade:

a) *Aumento na utilização de recursos pelo descarte* - O descarte de itens pode comprometer o planeamento inicial e aumentar a utilização de recursos durante o descarte, causando efeito nos custos da qualidade (falha). Esse aumento pode ser verificado quando recursos forem utilizados pela atividade de descarte de itens defeituosos (não planeada inicialmente). Desde recursos administrativos, energia, de armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e equipamentos devem ser contabilizados.

b) *Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte* - O descarte de itens pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o tempo de indisponibilidade de recursos durante o descarte, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Essa indisponibilidade pode ser verificada quando recursos destinados a outras atividades planeadas estão ocupados (sendo utilizados) pela atividade de descarte de itens defeituosos (não planeada inicialmente). O aumento no tempo de indisponibilidade no descarte com recursos administrativos, de armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e equipamentos devem ser contabilizados.

c) *Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte* - O descarte de itens pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o risco de impacto ambiental ou infração da legislação durante o descarte, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Esses riscos estão associados a multas, indenizações e ações judiciais decorrentes de fiscalização governamental. Esse aspecto pode tornar inviável uma ação de descarte.

d) *Aumento na utilização de recursos na reposição* - A identificação de itens defeituosos pode comprometer o planeamento produtivo inicial e aumentar a utilização de recursos pela ação planeada de reposição, tanto ao processo seguinte, como ao cliente externo. Esse aumento pela ação de reposição planeada deve ser identificado para que os efeitos nos custos sejam devidamente contabilizados. A ação de reposição planeada pode ser executada em regimes extraordinários de trabalho, no plano de produção seguinte ou ser prevista por taxa de defeitos.

e) *Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição* - A ação de reposição planeada de itens defeituosos pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o tempo de indisponibilidade de recursos durante a reposição, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Essa indisponibilidade pode ser verificada quando recursos destinados a outras atividades planeadas estão ocupados (sendo utilizados) pela atividade de reposição de itens defeituosos (não planeada dentro da normalidade). O aumento no tempo de indisponibilidade de recursos administrativos, de armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e equipamentos devem ser contabilizados.

Situação:

a) Ir para a próxima ação - Indica que o fluxo de informações para o processo de tomada de decisão deve continuar na próxima ação. O ponto de partida, até a indicação da situação, é a opção de decisão selecionada ("Retrabalhar? Não"). O ponto de indicação da situação corresponde ao término de uma sequência onde decisão, ação e efeitos na qualidade, produtividade e custo são contabilizados e resultados parciais são fornecidos. Na sequência indicada pela decisão, os efeitos na qualidade e na produtividade indicam custos associados ao aumento de itens para descarte e/ou aumento na utilização de recursos pelo descarte (ACQ-F(N_{Des_q})), aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte (ACQ-O(T_{ID_p})), aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte (ACQ-O(R_{AD_p})) e outros aumentos no descarte não especificados no Modelo (ACQ-O(O_{Des_q})). Então, resultados parciais referentes ao processo de tomada de decisão são identificados e apresentados no formato de custo.

Quantificação dos efeitos: ACQ-F(N_{Des_q}) + ACQ-O(T_{ID_p}) + ACQ-O(R_{AD_p}) + ACQ-O(O_{Des_q})

b) Fim do fluxo - Indica o término do fluxo de informações para o processo de tomada de decisão. O ponto de partida, até a indicação da situação, é a opção de decisão selecionada ("Retrabalhar? Não"). O ponto de indicação da situação corresponde ao término de uma sequência onde decisão, ação e efeitos na qualidade, produtividade e custo são contabilizados e resultados parciais e finais são fornecidos. Na sequência indicada pela decisão, efeitos na qualidade e na produtividade indicam custos associados ao aumento na utilização de recursos na reposição (ACQ-O(R_{Rp_p})) e aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição (ACQ-O(T_{IRp_p})). Então, resultados parciais e finais referentes ao processo de tomada de decisão são identificados e apresentados no formato de custo.

Quantificação dos efeitos: ACQ-O(R_{Rp_p}) + ACQ-O(T_{IRp_p}).

DECISÃO 6 – RETRABALHO COM REPOSIÇÃO?

I - Opção: Sim.

Ação de consequência da decisão:

a) Repor - Essa ação é consequência de um processo de tomada de decisão que ao analisar e comparar as combinações dos efeitos na qualidade, produtividade e custo optou pelo retrabalho do item defeituoso, mas que paralelamente optou por repor. Então, essa reposição minimiza os efeitos na qualidade, produtividade e custo quando decidido o retrabalho.

b) Retrabalhar - Essa ação é consequência de um processo de tomada de decisão que analisa e compara as combinações dos efeitos na qualidade, produtividade e custo a fim de minimizar os custos da qualidade quando realizada paralelamente a reposição. Essa ação incide em efeitos na qualidade, produtividade e custo menores do que no descarte quando realizada paralelamente a reposição.

Efeitos na Qualidade:

a) *Aumento de itens para reposição* - As quantidades de itens necessários ao restabelecimento do planeamento produtivo, considerando os clientes internos e externo, devem ser identificadas para que os efeitos na produtividade e custo sejam devidamente contabilizados.

b) *Aumento de itens para retrabalho* - As quantidades de itens defeituosos efetivamente encaminhadas ao retrabalho devem ser identificadas para que os efeitos na produtividade e custo sejam devidamente contabilizados.

c) *Outros aumentos no retrabalho com reposição* - Esse efeito é utilizado somente quando julgado necessário, para incluir aspecto não contemplado no Modelo.

Efeitos na Produtividade:

a) *Aumento na utilização de recursos na reposição* - A identificação de itens defeituosos pode comprometer o planeamento produtivo inicial e aumentar a utilização de recursos pela ação planeada de reposição, tanto ao processo seguinte, como ao cliente externo. Esse aumento pela ação de reposição planeada deve ser identificado para que os efeitos nos custos sejam devidamente contabilizados. A ação de

reposição planeada pode ser executada em regimes extraordinários de trabalho, no plano de produção seguinte ou ser prevista por taxa de defeitos.

b) *Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição* - A ação de reposição planeada de itens defeituosos pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o tempo de indisponibilidade de recursos durante a reposição, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Essa indisponibilidade pode ser verificada quando recursos destinados a outras atividades planeadas estão ocupados (sendo utilizados) pela atividade de reposição de itens defeituosos (não planeada dentro da normalidade). O aumento no tempo de indisponibilidade de recursos administrativos, de armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e equipamentos devem ser contabilizados.

c) *Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho com reposição* - A ação de retrabalho com reposição planeado de itens defeituosos pode comprometer o planeamento inicial e aumentar a utilização de recursos, causando efeito nos custos da qualidade (falhas). O aumento na utilização de matéria-prima, mão-de-obra, ferramentas e consumíveis de processo, energia, máquinas e equipamentos, e outros materiais de processo pode variar dependendo também se a reposição já foi realizada ou não. Assim como, recursos administrativos e de apoio como logísticos, armazenamento, manutenção, transporte, alimentação, terceirizados, controles administrativos, análises, inspeções, testes e etc. A ação de retrabalho planeado pode ser executada em regimes extraordinários de trabalho, no plano de produção seguinte ou imediatamente após a identificação do defeito.

d) *Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho com reposição* - A ação de retrabalho planeado de itens defeituosos pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o tempo de indisponibilidade de recursos durante o retrabalho, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Essa indisponibilidade pode ser verificada quando recursos destinados a outras atividades planeadas estão ocupados (sendo utilizados) pela atividade de retrabalho de itens defeituosos (não planeada dentro da normalidade). O aumento no tempo de indisponibilidade de recursos administrativos, de armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e

equipamentos devem ser contabilizados e podem variar dependendo também se a reposição já foi realizada ou não.

Situação: Ir para a próxima decisão - Indica que o fluxo de informações para o processo de tomada de decisão deve continuar na próxima decisão. O ponto de partida, até a indicação da situação, é a opção de decisão selecionada ("Retrabalho com reposição? Sim"). O ponto de indicação da situação corresponde ao término de uma sequência onde decisão, ação e efeitos na qualidade, produtividade e custo são contabilizados e resultados parciais são fornecidos. Na sequência indicada pela decisão, os efeitos na qualidade e na produtividade indicam custos associados ao aumento na utilização de recursos na reposição (ACQ-O(R_{Rp_p})), aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição (ACQ-O(T_{IRp_p})), aumento na utilização de recursos pelo retrabalho com reposição (ACQ-F(R_{RtR_p})), aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho com reposição (ACQ-O(T_{IRtR_p})) e outros aumentos no retrabalho com reposição não especificados no Modelo ACQ-O(O_{RtR_q}). Então, resultados parciais referentes ao processo de tomada de decisão são identificados e apresentados no formato de custo.

Quantificação dos efeitos: ACQ-O(R_{Rp_p}) + ACQ-O(T_{IRp_p}) + ACQ-F(R_{RtR_p}) + ACQ-O(T_{IRtR_p}) + ACQ-O(O_{RtR_q}).

II - Opção: Não.

Ação de consequência da decisão: Retrabalhar - Essa ação é consequência de um processo de tomada de decisão que analisa e compara as combinações dos efeitos na qualidade, produtividade e custo a fim de minimizar os custos da qualidade. Essa ação incide em efeitos na qualidade, produtividade e custo menores do que no descarte.

Efeitos na Qualidade:

a) *Aumento de itens para retrabalho* - As quantidades de itens defeituosos efetivamente encaminhadas ao retrabalho devem ser identificadas para que os efeitos na produtividade e custo sejam devidamente contabilizados.

b) *Outros aumentos no retrabalho sem reposição* - Esse efeito é utilizado somente quando julgado necessário, para incluir aspecto não contemplado no Modelo.

Efeitos na Produtividade:

a) *Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho sem reposição* - A ação de retrabalho planeado de itens defeituosos pode comprometer o planeamento inicial e aumentar a utilização de recursos, causando efeito nos custos da qualidade (falhas). O aumento na utilização de matéria-prima, mão-de-obra, ferramentas e consumíveis de processo, energia, máquinas e equipamentos, e outros materiais de processo podem variar dependendo também se a reposição já foi realizada ou não. Assim como, recursos administrativos e de apoio como logísticos, armazenamento, manutenção, transporte, alimentação, terceirizados, controles administrativos, análises, inspeções, testes e etc. A ação de retrabalho planeado pode ser executada em regimes extraordinários de trabalho, no plano de produção seguinte ou imediatamente após a identificação do defeito.

b) *Aumento no tempo de reposição pelo retrabalho* - A identificação de itens defeituosos pode comprometer o planeamento produtivo inicial e aumentar o tempo de entrega pela ação planeada de retrabalho, tanto ao processo seguinte, como ao cliente externo. Esse aumento no tempo de entrega pela ação de retrabalho planeado deve ser identificado para que os efeitos nos custos sejam devidamente contabilizados. Esse aumento no tempo de entrega pela ação de retrabalho planeado pode incidir em paragens produtivas por falta de recursos gerando ociosidade e não atendimento de planos de produção. Assim como, pode atrasar entregas a clientes externos com prejuízo de insatisfação dos clientes, multas, quebras de contrato e perda de vendas por desabastecimento de mercado consumidor. A ação de retrabalho planeado pode ser executada em regimes extraordinários de trabalho, no plano de produção seguinte ou imediatamente após a identificação do defeito.

c) *Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho sem reposição* - A ação de retrabalho planeado de itens defeituosos pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o tempo de indisponibilidade de recursos durante o retrabalho, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Essa indisponibilidade pode ser verificada quando recursos destinados a outras atividades planeadas estão ocupados (sendo utilizados) pela atividade de retrabalho de itens defeituosos (não planeada dentro da normalidade). O aumento no tempo de indisponibilidade de

recursos administrativos, de armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e equipamentos devem ser contabilizados e podem variar dependendo também se a reposição já foi realizada ou não.

Situação: Ir para a próxima decisão - Indica que o fluxo de informações para o processo de tomada de decisão deve continuar na próxima decisão. O ponto de partida, até a indicação da situação, é a opção de decisão selecionada ("Retrabalho com reposição? Não"). O ponto de indicação da situação corresponde ao término de uma sequência onde decisão, ação e efeitos na qualidade, produtividade e custo são contabilizados e resultados parciais são fornecidos. Na sequência indicada pela decisão, os efeitos na qualidade e na produtividade indicam custos associados ao aumento na utilização de recursos pelo retrabalho sem reposição (ACQ-F(R_{Rt_p})), aumento no tempo de reposição pelo retrabalho (ACQ-O(T_{Rt_p})), aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho sem reposição (ACQ-O(T_{IRt_p})) e outros aumentos no retrabalho sem reposição não especificados no Modelo (ACQ-O(O_{Rt_q})). Então, resultados parciais referentes ao processo de tomada de decisão são identificados e apresentados no formato de custo.

Quantificação dos efeitos: ACQ-F(R_{Rt_p}) + ACQ-O(T_{Rt_p}) + ACQ-O(T_{IRt_p}) + ACQ-O(O_{Rt_q}).

FACTO 7 – ITEM ATINGIU NÍVEL DE QUALIDADE REQUERIDA?

Opção: Sim.

Ação de consequência do Facto: Enviar ao processo seguinte - Consiste em recolocar no fluxo produtivo os itens segregados anteriormente.

Situação: Fim do fluxo - Indica o término do fluxo de informações para o processo de tomada de decisão. O ponto de partida, até a indicação da situação, é a opção selecionada ("Item atingiu nível de qualidade requerida? Sim").

Opção: Não.

Situação: Ir para o próximo Facto - Indica que o fluxo de informações para o processo de tomada de decisão deve continuar na análise do próximo facto.

FACTO 8 – REPOSIÇÃO DO ITEM DEFEITUOSO JÁ FOI REALIZADA?

I - Opção: Não.

Ação de consequência da decisão:

a) Repor - Ao descartar um produto defeituoso, a necessidade de reposição ao processo seguinte é iminente. Então, a reposição deve ser planeada e executada de tal forma que minimize os efeitos na qualidade, produtividade e custo.

b) Descartar - Baseada numa informação preliminar de que o item retrabalhado não atingiu a qualidade requerida, um pressuposto da qualidade para enviar o resultado do retrabalho ao processo seguinte, descartar o item que se mantém defeituoso após o retrabalho torna-se a única opção de destinação. Essa ação incide em efeitos na qualidade, produtividade e custo inevitáveis e maiores do que em qualquer estágio anterior, considerando o aumento acumulado de custos das etapas anteriores. Ela pode ocorrer de erros no planeamento e execução do retrabalho, nesse caso deve atingir parte dos itens retrabalhados. Assim como, pode ocorrer de erros de diagnóstico acerca da eficácia do retrabalho, nesse caso deve afetar todos os itens retrabalhados. Entretanto, quanto a este último aspecto de erro, efeitos maiores podem ser evitados, quando planeadas inspeções iniciais que condicionem a progressão da execução do retrabalho. Outro aspecto a julgar, é reiniciar o Fluxo da Análise de Decisão considerando uma inspeção após o retrabalho como ponto de partida. Neste caso, todas as decisões, ações e efeitos devem ser repensados e contabilizados novamente.

Efeitos na Qualidade:

a) *Aumento de itens para reposição* - As quantidades de itens necessários ao restabelecimento do planeamento produtivo, considerando os clientes internos e externo, devem ser identificadas para que os efeitos na produtividade e custo sejam devidamente contabilizados.

b) *Aumento de itens para descarte* - As quantidades de itens defeituosos efetivamente encaminhadas ao descarte devem ser identificadas para que os efeitos na produtividade e custo sejam devidamente contabilizados.

Efeitos na Produtividade:

a) *Aumento na utilização de recursos na reposição* - A identificação de itens defeituosos pode comprometer o planeamento produtivo inicial e aumentar a utilização de recursos pela ação planeada de reposição, tanto ao processo seguinte, como ao cliente externo. Esse aumento pela ação de reposição planeada deve ser identificado para que os efeitos nos custos sejam devidamente contabilizados. A ação de reposição planeada pode ser executada em regimes extraordinários de trabalho, no plano de produção seguinte ou ser prevista por taxa de defeitos.

b) *Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição* - A ação de reposição planeada de itens defeituosos pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o tempo de indisponibilidade de recursos durante a reposição, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Essa indisponibilidade pode ser verificada quando recursos destinados a outras atividades planeadas estão ocupados (sendo utilizados) pela atividade de reposição de itens defeituosos (não planeada dentro da normalidade). O aumento no tempo de indisponibilidade de recursos administrativos, de armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e equipamentos devem ser contabilizados.

c) *Aumento na utilização de recursos pelo descarte* - O descarte de itens pode comprometer o planeamento inicial e aumentar a utilização de recursos durante o descarte, causando efeito nos custos da qualidade (falha). Esse aumento pode ser verificado quando recursos forem utilizados pela atividade de descarte de itens defeituosos (não planeada inicialmente). Desde recursos administrativos, energia, de armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e equipamentos devem ser contabilizados.

d) *Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte* - O descarte de itens pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o tempo de indisponibilidade de recursos durante o descarte, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Essa indisponibilidade pode ser verificada quando recursos destinados a outras atividades planeadas estão ocupados (sendo utilizados) pela atividade de descarte de itens defeituosos (não planeada inicialmente). O aumento no tempo de indisponibilidade no descarte com recursos administrativos, de

armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e equipamentos devem ser contabilizados.

e) *Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte* - O descarte de itens pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o risco de impacto ambiental ou infração da legislação durante o descarte, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Esses riscos estão associados a multas, indenizações e ações judiciais decorrentes de fiscalização governamental. Esse aspecto pode tornar inviável uma ação de descarte.

Situação:

a) Ir para a próxima ação - Indica que o fluxo de informações para o processo de tomada de decisão deve continuar na próxima ação. O ponto de partida, até a indicação da situação, é a opção de decisão selecionada ("Reposição já foi realizada? Não"). O ponto de indicação da situação corresponde ao término de uma sequência onde decisão, ação e efeitos na qualidade, produtividade e custo são contabilizados e resultados parciais são fornecidos. Na sequência indicada pela decisão, efeitos na qualidade e na produtividade indicam custos associados ao aumento na utilização de recursos na reposição (ACQ-O(R_{Rp_p})) e aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição (ACQ-O(T_{IRp_p})). Então, resultados parciais referentes ao processo de tomada de decisão são identificados e apresentados no formato de custo.

Quantificação dos efeitos: ACQ-O(R_{Rp_p}) + ACQ-O(T_{IRp_p}).

b) Fim do fluxo - Indica o término do fluxo de informações para o processo de tomada de decisão. O ponto de partida, até a indicação da situação, é a opção de decisão selecionada ("Reposição do item defeituoso já foi realizada? Não"). O ponto de indicação da situação corresponde ao término de uma sequência onde decisão, ação e efeitos na qualidade, produtividade e custo são contabilizados e resultados parciais e finais são fornecidos. Na sequência indicada pela decisão, os efeitos na qualidade e na produtividade indicam custos associados ao aumento de itens para descarte e/ou aumento na utilização de recursos pelo descarte (ACQ-F(N_{Des_q})), aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte (ACQ-O(T_{ID_p})) e aumento no

risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte (ACQ-O(R_{AD_p})). Então, resultados parciais e finais referentes ao processo de tomada de decisão são identificados e apresentados no formato de custo.

Quantificação dos efeitos: ACQ-F(N_{Des_q}) + ACQ-O(T_{ID_p}) + ACQ-O(R_{AD_p}).

II - Opção: Sim.

Ação de consequência do Facto:

Descartar - Baseada numa informação preliminar de que o item retrabalhado não atingiu a qualidade requerida, um pressuposto da qualidade para enviar o resultado do retrabalho ao processo seguinte, descartar o item que se mantém defeituoso após o retrabalho torna-se a única opção de destinação. Essa ação incide em efeitos na qualidade, produtividade e custo inevitáveis e maiores do que em qualquer estágio anterior considerando o aumento acumulado de custos das etapas anteriores. Essa condição só não é pior do que a condição anterior, onde a reposição do item defeituoso ainda não foi realizada. Ela pode ocorrer de erros no planeamento e execução do retrabalho, nesse caso deve atingir parte dos itens retrabalhados. Assim como, pode ocorrer de erros de diagnóstico acerca da eficácia do retrabalho, nesse caso deve afetar todos os itens retrabalhados. Entretanto, quanto a este último aspecto de erro, efeitos maiores podem ser evitados, quando planeadas inspeções iniciais que condicionem a progressão da execução do retrabalho. Outro aspecto a julgar, é reiniciar o Fluxo da Análise de Decisão considerando uma inspeção após o retrabalho como ponto de partida. Neste caso, todas as decisões, ações e efeitos devem ser repensados e contabilizados novamente.

Efeitos na Qualidade:

Aumento de itens para descarte - As quantidades de itens defeituosos efetivamente encaminhadas ao descarte devem ser identificadas para que os efeitos na produtividade e custo sejam devidamente contabilizados.

Efeitos na Produtividade:

a) *Aumento na utilização de recursos pelo descarte* - O descarte de itens pode comprometer o planeamento inicial e aumentar a utilização de recursos durante o

descarte, causando efeito nos custos da qualidade (falha). Esse aumento pode ser verificado quando recursos forem utilizados pela atividade de descarte de itens defeituosos (não planeada inicialmente). Desde recursos administrativos, energia, de armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e equipamentos devem ser contabilizados.

b) *Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte* - O descarte de itens pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o tempo de indisponibilidade de recursos durante o descarte, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Essa indisponibilidade pode ser verificada quando recursos destinados a outras atividades planeadas estão ocupados (sendo utilizados) pela atividade de descarte de itens defeituosos (não planeada inicialmente). O aumento no tempo de indisponibilidade no descarte com recursos administrativos, de armazenamento e stocks, mão-de-obra, máquinas e equipamentos devem ser contabilizados.

c) *Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte* - O descarte de itens pode comprometer o planeamento inicial e aumentar o risco de impacto ambiental ou infração da legislação durante o descarte, causando efeito nos custos da qualidade (oportunidade). Esses riscos estão associados a multas, indenizações e ações judiciais decorrentes de fiscalização governamental. Esse aspecto pode tornar inviável uma ação de descarte.

Situação: Fim do fluxo - Indica o término do fluxo de informações para o processo de tomada de decisão. O ponto de partida, até a indicação da situação, é a opção de decisão selecionada ("Reposição do item defeituoso já foi realizada? Sim"). O ponto de indicação da situação corresponde ao término de uma sequência onde decisão, ação e efeitos na qualidade, produtividade e custo são contabilizados e resultados parciais e finais são fornecidos. Na sequência indicada pela decisão, os efeitos na qualidade e na produtividade indicam custos associados ao aumento de itens para descarte e/ou aumento na utilização de recursos pelo descarte (ACQ-F(N_{Des_q})), aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte (ACQ-O(T_{ID_p})) e aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte (ACQ-O(R_{AD_p})). Então, resultados parciais e finais referentes ao processo de tomada de decisão são identificados e apresentados no formato de custo.

Quantificação dos efeitos: ACQ-F(N_{Des_q}) + ACQ-O(T_{ID_p}) + ACQ-O(R_{AD_p}).

CRITÉRIOS DE DECISÃO

Aumento ou atualização no tempo de entrega pela reposição: *Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade* (ACQ-O(T_{E_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida devido ao aumento ou atualização no tempo de entrega pela reposição como efeito na produtividade. O aumento no tempo de entrega pela reposição pode promover aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida, devido a insatisfação dos clientes, multas, quebras de contrato, perda de vendas, de entre outras consequências. Considera a entrega pela reposição e descarte dos itens defeituosos. Esse critério não será contabilizado para a decisão de retrabalho sem reposição, que tem critério específico para o aumento no tempo de entrega pelo retrabalho. A reinspeção pode alterar o efeito inicial do aumento no tempo de entrega pela reposição e, consequentemente, nos custos da qualidade (Atualização no aumento dos Custos da Qualidade – Oportunidade).

Aumento ou atualização de itens defeituosos: *Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas* (ACQ-F(N_{Def_q}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com falha devido ao aumento ou atualização do número de itens defeituosos como efeito na qualidade. Este aumento nos custos da qualidade (falhas) está associado ao valor agregado do item defeituoso ao longo da cadeia produtiva até o momento da identificação do defeito. A atualização do aumento nos custos da qualidade (falhas) é resultado de uma reinspeção que pode alterar o efeito inicial do aumento na quantidade de itens defeituosos, e consequentemente nos custos da qualidade (falhas).

Aumento no tempo de inspeção: *Aumento nos Custos da Qualidade – Avaliação* (ACQ-A(T_{Ri_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com avaliação devido ao aumento no tempo de reinspeção como efeito na produtividade. Este aumento nos custos da qualidade (avaliação) está associado ao aumento no tempo de inspeção devido a reinspeção de itens defeituosos. Esse custo pode ser mensurado com base nos custos unitários de inspeção e proporcional ao tempo de resinspeção, desde que a reinspeção seja executada nas mesmas condições de recursos que a inspeção planeada inicialmente. No entanto, na necessidade de métodos de reinspeção diverso, terceirizado ou não, os respectivos custos unitários devem ser mapeados e contabilizados.

Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reinspeção: *Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade* (ACQ-O(T_{IRi_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida devido ao aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reinspeção como efeito na produtividade. Este aumento nos custos da qualidade (oportunidade) está associado ao aumento no tempo de indisponibilidade de recursos devido a reinspeção de itens defeituosos. Esse custo pode ser mensurado com base nos custos unitários de inspeção e proporcional ao tempo de indisponibilidade dos recursos durante a reinspeção. Então, as respostas das seguintes perguntas podem identificar esse valor: Qual a quantidade de itens e o custo associado ao tempo que uma atividade planeada ficou aguardando para ser executada? O desmembramento da pergunta ficaria assim: Quantos itens deixaram de ser processados neste tempo de indisponibilidade? Qual o custo de processar cada item? A resposta é um montante que multiplica o custo de processar cada item (considerando os recursos efetivamente indisponíveis) pelo tempo que o processo ficou indisponível. Depois, esse custo total de indisponibilidade deve ser dividido pela quantidade de itens defeituosos para se ter um valor unitário do aumento nos custos da qualidade.

Aumento no tempo de análise de melhorias: *Aumento nos Custos da Qualidade – Avaliação* (ACQ-A(T_{A_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com avaliação devido ao aumento no tempo de análise de melhorias como efeito na produtividade. Este aumento nos custos da qualidade (falhas) está associado ao aumento no tempo de análise relacionada ao defeito de itens defeituosos. Esse custo pode ser mensurado com base nos custos unitários de análise e proporcional ao aumento no tempo de análise, desde que a análise seja executada nas mesmas condições de recursos que as análises planeadas inicialmente. No entanto, na necessidade de método de análise diverso, terceirizado ou não, os respectivos custos unitários devem ser mapeados, contabilizados e imputados aos itens defeituosos. Nas empresas, normalmente, os custos de análise estão associados aos recursos utilizados (estrutura e mão-de-obra) nas atividades de engenharia, desenvolvimento, programas de melhoria da qualidade, etc. Dependendo do sistema de custeio da empresa, três métodos podem ser sugeridos: O primeiro, é através dos custos unitários de análise imputado a cada unidade do item. Para o cálculo deve-se saber quantas unidades por mês são produzidas e multiplicar essa quantidade pelo custo unitário de análise. Depois, divide-se pela quantidade de dias úteis de trabalho no mês. Então, o encontrado é um custo diário de análise. Depois, pode-se multiplicar pela quantidade de dias ou horas que levou a análise do defeito. Entretanto, o valor encontrado é de 100% da estrutura. Deve-se identificar a proporção envolvida na análise (que pode ser estimada pela quantidade de pessoas que trabalham nos setores de análise, exemplo de 1 analista entre 10 seria de 10%) e considerar este valor. Por fim, pode-se dividir pela quantidade de itens defeituosos e o encontrado é o custo da análise por item defeituoso. O segundo método (aplicado quando não se conhece o custo unitário de análise) é mais simples e inicia pelo custo mensal do setor responsável pela análise. Neste caso, considera-se a proporção do tempo de análise em relação ao mensal e a proporção de recursos empregados em função dos recursos totais do setor de análise. No terceiro método, menos preciso, apesar de mais simples, considera somente o custeio da mão-de-obra envolvida diretamente na análise do problema (salários, encargos e outras despesas) em função do tempo de análise.

Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na análise: *Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade* (ACQ-O(T_{IA_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida devido ao aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na análise como efeito na produtividade. Este aumento nos custos da qualidade (oportunidade) está associado ao aumento no tempo de indisponibilidade de recursos devido a análise de itens defeituosos. Esse custo pode ser mensurado com base nos custos unitários de análise e proporcional ao tempo de indisponibilidade dos recursos durante a análise. Então, as respostas das seguintes perguntas podem identificar esse valor: Qual a quantidade de análises e o custo associado ao tempo que uma atividade planeada ficou aguardando para ser executada? O desmembramento da pergunta ficaria assim: Quantas análises deixaram de ser realizadas neste tempo de indisponibilidade? Qual o custo de realizar cada análise? A resposta é um montante que multiplica o custo de realizar cada análise (considerando os recursos efetivamente indisponíveis) pelo tempo que as atividades de análise ficaram indisponíveis. Depois, esse custo total de indisponibilidade deve ser dividido pela quantidade de itens defeituosos para se ter um valor unitário do aumento nos custos da qualidade (oportunidade).

Aumento na utilização de recursos pelo descarte referente aos itens para descarte: *Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas* (ACQ-F(N_{Des_q}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com falha devido ao aumento do número de itens para descarte ou/e aumento na utilização de recursos pelo descarte como efeito na qualidade. Este aumento nos custos da qualidade (falhas) está associado ao aumento na utilização de recursos no descarte de itens defeituosos. Deve-se considerar os custos com a utilização de recursos extras como processamentos e armazenamentos excepcionais aqueles disponibilizados na cadeia produtiva. Condições de descarte em regimes extraordinários de trabalho (horas-extras pagas pela mão-de-obra), serviços terceirizados, aquisição de recursos extras como ferramentas, meios de armazenamento e transporte ou manutenção de espaços extras para armazenamento devem ser contabilizados. O crédito referente a venda de sucata ou reaproveitamento de componentes utilizando itens defeituosos deve ser contabilizado. Os recursos já existentes na estrutura produtiva da empresa, quando

utilizados em impedimento a atividades planeadas serão tratados como indisponibilidade. O valor agregado do item defeituoso é contabilizado na identificação do defeito após a inspeção e deve ser atualizada após a reinspeção se houver. Portanto, não deve ser contabilizado nesta etapa, caso contrário estará contabilizado em duplicidade. Esse aumento nos custos da qualidade (falhas) considera uma ação planeada de descarte.

Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte: *Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade* (ACQ-O(T_{ID_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida devido ao aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte como efeito na produtividade. Este aumento nos custos da qualidade (oportunidade) está associado ao aumento no tempo de indisponibilidade de recursos devido ao descarte de itens defeituosos. Esse custo pode ser mensurado com base nos custos unitários de utilização do recurso e proporcional ao tempo de indisponibilidade durante o descarte. Então, as respostas das seguintes perguntas podem identificar esse valor: Qual a quantidade de itens e o custo associado ao tempo que uma atividade planeada ficou aguardando para ser executada? O desmembramento da pergunta ficaria assim: Quantos itens deixaram de ser processados ou de utilizar o recurso neste tempo de indisponibilidade? Qual o custo de processar ou de utilização do recurso para cada item? A resposta é um montante que multiplica o custo de processar ou de utilizar um recurso para cada item (considerando os recursos efetivamente indisponíveis) pelo tempo que o processo ou recurso ficou indisponível. Depois, esse custo total de indisponibilidade deve ser dividido pela quantidade de itens defeituosos para se ter um valor unitário do aumento nos custos da qualidade.

Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte: *Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade* (ACQ-O(R_{AD_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida devido ao aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte como efeito na produtividade. Este aumento nos custos da qualidade (oportunidade) está associado a multas, indenizações, recuperação de áreas degradadas ou ações judiciais decorrentes de

fiscalização governamental devido ao descarte de itens defeituosos. Esse aspecto pode tornar inviável uma ação de descarte devido a excepcionais e consideráveis custos. Esse custo pode ser mensurado ou estimado no caso de impactos ambientais decorrentes do processo de descarte. Esses custos devem ser divididos pela quantidade de itens defeituosos para se ter um valor unitário do aumento nos custos da qualidade (oportunidade).

Aumento na utilização de recursos na reposição: *Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade* (ACQ-O(R_{Rp_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida devido ao aumento na utilização de recursos na reposição como efeito na produtividade. Este aumento nos custos da qualidade (oportunidade) está associado ao aumento na utilização de recursos na reposição de itens defeituosos. Deve-se considerar os custos com a utilização de recursos extras como processamentos e armazenamentos excepcionais aqueles disponibilizados na cadeia produtiva. Condições de reposição em regimes extraordinários de trabalho (horas-extras pagas pela mão-de-obra), serviços terceirizados, aquisição de recursos extras como ferramentas, meios de armazenamento e transporte ou manutenção de espaços extras para armazenamento devem ser contabilizados.

Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição: *Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade* (ACQ-O(T_{IRp_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida devido ao aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição como efeito na produtividade. Este aumento nos custos da qualidade (oportunidade) está associado ao aumento no tempo de indisponibilidade de recursos devido a ação planeada de reposição de itens defeituosos. Esse custo pode ser mensurado com base nos custos unitários de utilização do recurso e proporcional ao tempo de indisponibilidade durante a reposição. Então, as respostas das seguintes perguntas podem identificar esse valor: Qual a quantidade de itens e o custo associado ao tempo que uma atividade planeada ficou aguardando para ser executada? O desmembramento da pergunta ficaria assim: Quantos itens deixaram de ser processados ou de utilizar os recursos neste tempo de indisponibilidade? Qual o custo de

processar ou de utilização dos recursos para cada item? A resposta é um montante que multiplica o custo de processar ou de utilizar os recursos para cada item (considerando os recursos efetivamente indisponíveis) pelo tempo que o processo ou recursos ficaram indisponíveis. Depois, esse custo total de indisponibilidade deve ser dividido pela quantidade de itens defeituosos para se ter um valor unitário do aumento nos custos da qualidade.

Outros aumentos no descarte: *Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade* (ACQ-O(O_{Des_q}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida devido a outros aumentos no descarte como efeito na qualidade. Este aumento nos custos da qualidade (oportunidade) está associado a outros aumentos no descarte não contemplados no Modelo de Decisão. Esse critério é utilizado somente quando julgado necessário, para incluir aspecto não contemplado anteriormente.

Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho com reposição: *Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas* (ACQ-F(R_{RtR_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com falha devido ao aumento na utilização de recursos pelo retrabalho com reposição como efeito na produtividade. Este aumento nos custos da qualidade (falhas) está associado ao aumento na quantidade de itens defeituosos. Deve-se considerar os custos com a utilização de recursos adicionais aos já agregados no item defeituoso. Processamentos, matéria-prima, componentes, ferramentas adicionais, energia, materiais de consumo, mão-de-obra direta e indireta, transporte e armazenamentos devem ser contabilizados desde que sejam adicionais. Condições de retrabalho em regimes extraordinários de trabalho (horas-extras pagas pela mão-de-obra), serviços terceirizados, aquisição de recursos extras como ferramentas, meios de armazenamento e transporte ou manutenção de espaços extras para armazenamento também devem ser contabilizados. Os recursos já existentes na estrutura produtiva da empresa, quando utilizados em impedimento a atividades planeadas serão tratados como indisponibilidade. O valor agregado do item defeituoso é contabilizado na identificação do defeito após a inspeção e deve ser atualizada após a reinspeção se houver. Portanto, não

deve ser contabilizado nesta etapa, caso contrário estará contabilizado em duplicidade. Esse aumento nos custos da qualidade (falhas) considera uma ação planeada de retrabalho. Diferencia-se a utilização de recursos, os tempos e custos dos retrabalhos com e sem reposição. Permite comparar diferentes estratégias de retrabalho admitindo a existência de necessidades diferentes nas duas opções de retrabalho (com e sem reposição). Atividades em regimes de horas-extras mostraram-se favoráveis a não comprometer disponibilidade de recursos viável por ocasião de reposições já realizadas.

Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho sem reposição: *Aumento nos Custos da Qualidade – Falhas* (ACQ-F(R_{Rt_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com falha devido ao aumento na utilização de recursos pelo retrabalho sem reposição como efeito na produtividade. Este aumento nos custos da qualidade (falhas) está associado ao aumento na quantidade de itens defeituosos. Deve-se considerar os custos com a utilização de recursos adicionais aos já agregados no item defeituoso. Processamentos, matéria-prima, componentes, ferramentas adicionais, energia, materiais de consumo, mão-de-obra direta e indireta, transporte e armazenamentos devem ser contabilizados desde que sejam adicionais. Condições de retrabalho em regimes extraordinários de trabalho (horas-extras pagas pela mão-de-obra), serviços terceirizados, aquisição de recursos extras como ferramentas, meios de armazenamento e transporte ou manutenção de espaços extras para armazenamento também devem ser contabilizados. Os recursos já existentes na estrutura produtiva da empresa, quando utilizados em impedimento a atividades planeadas serão tratados como indisponibilidade. O valor agregado do item defeituoso é contabilizado na identificação do defeito após a inspeção e deve ser atualizada após a reinspeção se houver. Portanto, não deve ser contabilizado nesta etapa, caso contrário estará contabilizado em duplicidade. Esse aumento nos custos da qualidade (falhas) considera uma ação planeada de retrabalho. Diferencia-se a utilização de recursos, os tempos e custos dos retrabalhos com e sem reposição. Permite comparar diferentes estratégias de retrabalho admitindo a existência de necessidades diferentes nas duas opções de retrabalho (com e sem reposição). Atividades em regimes de horas-extras mostraram-se favoráveis a não comprometer disponibilidade de recursos. Entretanto, para retrabalhar sem reposição, sem comprometer prazos de entrega,

pode-se optar pela hora de expediente que compromete disponibilidade, mas pode minimizar outros custos com atrasos.

Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho com reposição: *Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade* (ACQ-O(T_{IRtR_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida devido ao aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho com reposição como efeito na produtividade. Este aumento nos custos da qualidade (oportunidade) está associado ao aumento no tempo de indisponibilidade de recursos devido a ação planeada de retrabalho com reposição de itens defeituosos. Esses custos podem ser mensurados com base nos custos unitários de utilização dos recursos e proporcional ao tempo de indisponibilidade durante o retrabalho. Então, as respostas das seguintes perguntas podem identificar esse valor: Qual a quantidade de itens e o custo associado ao tempo que uma atividade planeada ficou aguardando para ser executada? O desmembramento da pergunta ficaria assim: Quantos itens deixaram de ser processados ou de utilizar os recursos neste tempo de indisponibilidade? Qual o custo de processar ou de utilização dos recursos para cada item? A resposta é um montante que multiplica o custo de processar ou de utilizar os recursos para cada item (considerando os recursos efetivamente indisponíveis) pelo tempo que o processo ou recursos ficaram indisponíveis. Depois, esse custo total de indisponibilidade deve ser dividido pela quantidade de itens defeituosos para se ter um valor unitário do aumento nos custos da qualidade. Diferencia-se o tempo de indisponibilidade de recursos e os custos dos retrabalhos com e sem reposição. Permite comparar diferentes estratégias de retrabalho admitindo a existência de necessidades diferentes nas duas opções de retrabalho (com e sem reposição). Atividades em regimes de horas-extras mostraram-se favoráveis a não comprometer disponibilidade de recursos. Entretanto, para retrabalhar sem reposição, sem comprometer prazos de entrega, pode-se optar pela hora de expediente que compromete disponibilidade, mas pode minimizar outros custos com atrasos.

Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho sem reposição: *Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade* (ACQ-O(T_{IRt_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida devido ao aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho sem reposição como efeito na produtividade. Este aumento nos custos da qualidade (oportunidade) está associado ao aumento no tempo de indisponibilidade de recursos devido a ação planeada de retrabalho sem reposição de itens defeituosos. Esses custos podem ser mensurados com base nos custos unitários de utilização dos recursos e proporcional ao tempo de indisponibilidade durante o retrabalho. Então, as respostas das seguintes perguntas podem identificar esse valor: Qual a quantidade de itens e o custo associado ao tempo que uma atividade planeada ficou aguardando para ser executada? O desmembramento da pergunta ficaria assim: Quantos itens deixaram de ser processados ou de utilizar os recursos neste tempo de indisponibilidade? Qual o custo de processar ou de utilização dos recursos para cada item? A resposta é um montante que multiplica o custo de processar ou de utilizar os recursos para cada item (considerando os recursos efetivamente indisponíveis) pelo tempo que o processo ou recursos ficaram indisponíveis. Depois, esse custo total de indisponibilidade deve ser dividido pela quantidade de itens defeituosos para se ter um valor unitário do aumento nos custos da qualidade. Permite comparar diferentes estratégias de retrabalho admitindo a existência de necessidades diferentes nas duas opções de retrabalho (com e sem reposição). Atividades em regimes de horas-extras mostraram-se favoráveis a não comprometer disponibilidade de recursos. Entretanto, para retrabalhar sem reposição, sem comprometer prazos de entrega, pode-se optar pela hora de expediente que compromete disponibilidade, mas pode minimizar outros custos com atrasos.

Aumento no tempo de reposição pelo retrabalho: *Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade* (ACQ-O(T_{Rt_p}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida devido ao aumento no tempo de reposição pelo retrabalho como efeito na produtividade. Este aumento nos custos da qualidade (oportunidade) está associado a insatisfação dos clientes, multas, quebras de contrato e perda de vendas (desabastecimento de mercado consumidor e outros) por atrasos nas entregas a clientes externos devido a ação planeada de retrabalho

de itens defeituosos. Esses custos podem ser mensurados ou estimados quando atrasos nas entregas a clientes externos forem identificados através do aumento no tempo de retrabalho. Esses custos devem ser divididos pela quantidade de itens defeituosos para se ter um valor unitário do aumento nos custos da qualidade (oportunidade).

Outros aumentos no retrabalho com reposição: *Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade* (ACQ-O(O_{RtR_q}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida devido a outros aumentos no retrabalho com reposição como efeito na qualidade. Este aumento nos custos da qualidade (oportunidade) está associado a outros aumentos no retrabalho com reposição de itens defeituosos não contemplados no Modelo. Esse critério é utilizado somente quando julgado necessário, para incluir aspecto não contemplado anteriormente.

Outros aumentos no retrabalho sem reposição: *Aumento nos Custos da Qualidade – Oportunidade* (ACQ-O(O_{Rt_q}))

Corresponde ao aumento nos custos da qualidade com oportunidade perdida devido a outros aumentos no retrabalho sem reposição como efeito na qualidade. Este aumento nos custos da qualidade (oportunidade) está associado a outros aumentos no retrabalho sem reposição de itens defeituosos não contemplados no Modelo. Esse critério é utilizado somente quando julgado necessário, para incluir aspecto não contemplado anteriormente.

APÊNDICE V – CASO DE ESTUDO COMPLEMENTAR

Introdução

O presente caso de estudo foi desenvolvido em uma das empresas do Polo Industrial de Manaus (PIM). A Panasonic do Brasil é uma multinacional japonesa, instalada há 37 anos no Polo Industrial de Manaus. Tem atualmente cerca de 745 funcionários, uma produção média de 111.000 auto rádio por ano, de 9 modelos diferentes, placas baterias para notebook de 4 modelos diferentes, e produtos de telefonia como PABX (*Private Automatic Branch Exchange* – aparelho que realiza a troca automática de ramais privados de uso corporativo), PBX (*Private Branch Exchange* - aparelho que realiza a troca automática de ramais privados e pessoal) e telefone sem fio.

A Panasonic do Brasil disponibilizou dados referentes aos principais problemas de qualidade do ano de 2012 (até final de agosto). A recolha de dados foi realizada no mês de novembro de 2018. As informações são de caráter restrito, fornecidas pelo Coordenador e chefe de Produção do Setor de Produção de produtos Business & Business que disponibilizou arquivos como documentos impressos, relatórios e gráficos.

Recolha de dados

O problema de qualidade analisado é a ocorrência de ruído sonoro gerado pelo monofone durante o teste funcional do produto final que é o telefone sem fio. O item defeituoso é o C.O.B. (*Chip on Board*) trincado da peça em questão sob a placa principal que é montada na base do monofone do telefone sem fio. O telefone sem fio é composto basicamente por duas partes. A primeira parte é a base do telefone e a segunda parte o monofone. O defeito foi detectado no posto de Revisão Final do aparelho na Linha de Montagem Final do produto. Entretanto, quando rastreado o problema nos setores posteriores e anteriores ao posto de Revisão Final, verificou-se que existiam possivelmente 13.112 peças afetadas.

Existe uma inspeção geral do processo de soldagem do C.O.B. em 100% das placas principal na linha de S.M.D. (*Surface Mounting Device* ou Componente de Montagem para Superfície), no Setor do I.A.C. (Inserção Automática de Componentes) através de um equipamento chamado A.O.I. (*Automatic Optical Inspection*). Mas, a inspeção não estava definida para observar o ponto do defeito. Tratava-se de um defeito novo e não estava programado para ser inspecionado. Na causa originária da trinca entre os dois componentes, verificou-se que

houve um erro de *baking* (fornada para retirada da umidade no componente) pelo operador do terceiro trno do IAC. Então, o C.O.B. foi retirado do processo de *baking* antes do período de tempo necessário especificado. O problema somente foi detectado durante o turno comercial, pelos revisores do Posto Final da Linha de Montagem Final antes da embalagem, onde é realizado inspeção 100% já com todo o produto montado. Então, quando rastreado o problema, verificou-se que vários aparelhos tinham sido produzidos com o C.O.B. trincado na placa principal do monofone. As 13.112 unidades defeituosas são o resultado do rastreamento do lote antes e depois do posto de revisão final, conforme a análise da causa, que identificou quando o processo de *baking* foi alterado, no 3º turno de trabalho, dando origem aos itens defeituosos. A Figura 1 apresenta o Fluxograma dos processos e atividades envolvidas na análise do caso de estudo. O Fluxograma inicia no processo de *baking* e termina na reposição ou no retrabalho.

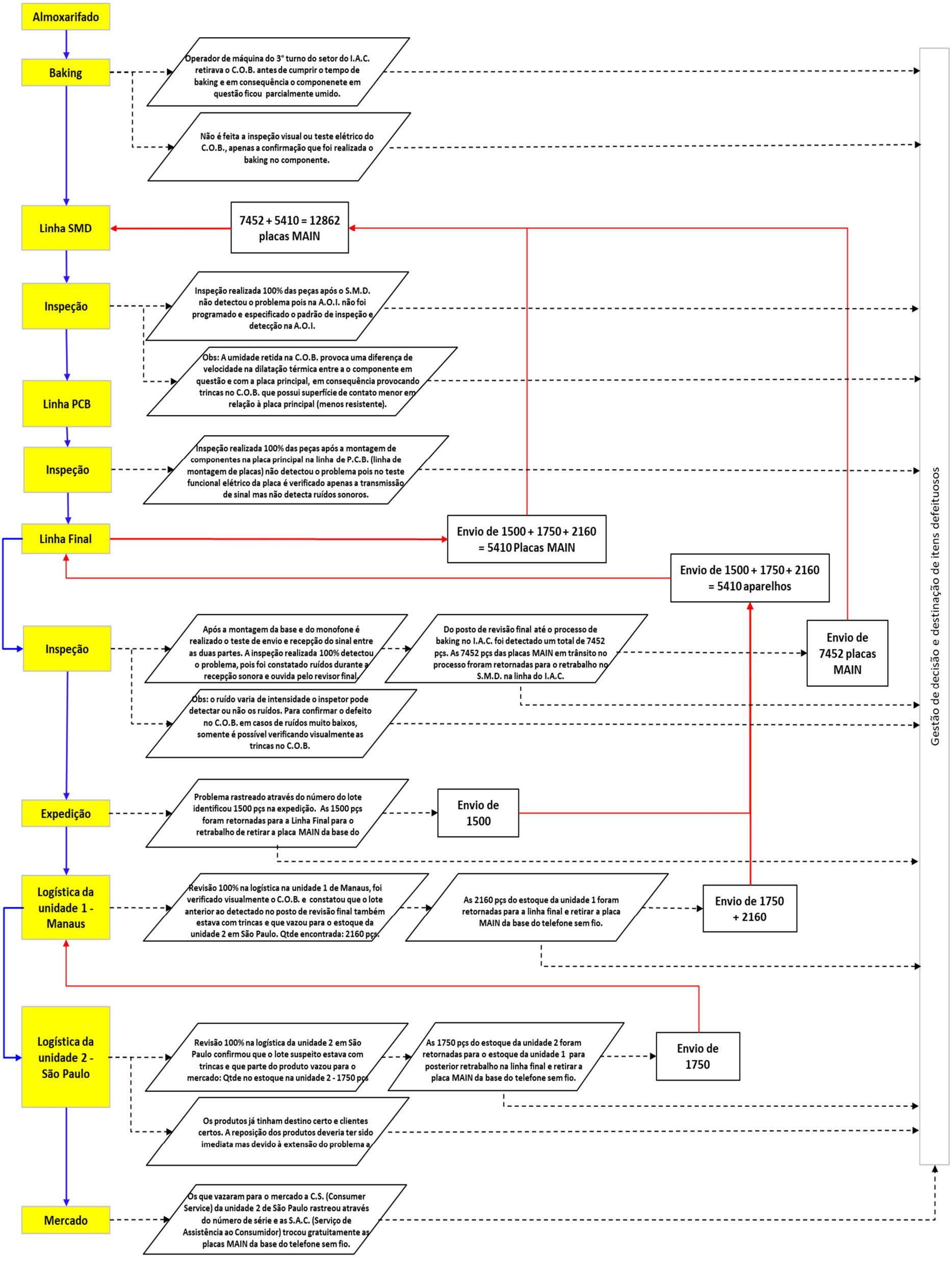


Figura 1 – Fluxograma dos processos e atividades envolvidas na análise do caso de estudo

Recolha de dados: Itens ou lote defeituoso

As **13112 peças** retiradas de todo o fluxo tinham destino certo, e seriam substituídas na próxima produção planeada. O atraso médio contabilizado foi de **12 dias** para expedição e consequente destino. O custo logístico médio na entrega é de **R$ 1180,00** por dia (custo fixo que contabiliza os ajustes de movimentação de stock da Logística de Manaus para São Paulo e vice-versa). Multiplicando-se **R$1.180,00 x 12 dias** dá-se um valor total de **R$14.160,00**. O custo unitário de fabricação de um telefone sem fio completo é **R$ 55,00**. Multiplicando-se **R$55,00 x 13.112** peças defeituosas dá-se um valor total de **R$ 721.160,00**. A Tabela 1 apresenta a recolha dos efeitos e critérios de custo da etapa 1.

Tabela 1 – Recolha de dados: Itens ou lote defeituoso

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Facto	**Opção**	**Efeitos na Qualidade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos na Produtividade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio do efeito**
1	Item ou lote defeituoso?	Sim	Aumento de itens defeituosos	**13.112 Unid.**	Aumento no tempo de entrega pela reposição	**12 dias**	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})	**12 dias x R$ 1.180,00 = R$ 14.160,00**
					-	-	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})	**R$ 55,00 x 13.112 peças = R$ 721.160,00**

Recolha de dados: Reinspeção

As **13.112 peças** segregadas foram reinspecionadas a um custo total de **R$ 0,73** a unidade (cálculo baseado na hora de trabalho dos funcionários que auxiliaram na atividade e do técnico de conserto). Multiplicando-se **R$ 0,73 x 13.112** peças dá-se um total de **R$ 9.571,76**. A reinspeção de **30 segundos** foi realizada por um técnico de conserto experiente e com o auxílio de 8 funcionários que realizava a desmontagem da base do monofone. O técnico verificava a existência da falha e os montadores retiravam a placa *MAIN*. Multiplicando **30 segundos x 13.112 peças** dá-se um valor total de **393.360 segundos ou 109,3 horas** (tempo total de reinspeção). Das **13.112** placas *MAIN* montadas, 100% apresentavam o defeito de trincas no C.O.B. O aumento no tempo de entrega manteve-se inalterado em relação ao estabelecido na etapa 1 (Tabela 1). A reinspeção foi realizada em regime durante o expediente, mas houve indisponibilidade de recursos devido a produção estar paralisada.

Os 100% dos itens segregados não retornaram ao fluxo produtivo por que apresentavam o defeito. A Tabela 2 apresenta a recolha dos efeitos e critérios de custo da etapa 2.

Tabela 2 – Recolha de dados: Reinspeção

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Decisão	**Opção**	**Efeitos na Qualidade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos na Produtividade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio do efeito**
2	Necessário reinspeção ou seleção?	Sim	-	-	Aumento no tempo de Inspeção	**30 seg. X 13.112 Unid. = 109,3 horas**	Aumento nos Custos da Qualidade - Avaliação	ACQ-A(T_{Ri_p})	**R$ 0,73 X 13.112 Unid. = R$ 9.571,76**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reinspeção.	**0**	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRi_p})	**0**
			Atualização no aumento de itens defeituosos	**13.112 Unid.**	Atualização no aumento do tempo de entrega pela reposição	**12 dias**	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})	**12 dias x R$ 1.180,00 = R$ 14.160**
					-	-	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})	**R$ 55,00 X 13.112 unid. = R$ 721.160,00**
		Não	-	-	-	-	-	-	-

Recolha de dados: Defeito

No começo da epidemia de peças não conforme, a análise dos defeitos inicialmente foi realizada por um técnico de conserto. Após analisar o circuito eletrônico, foi realizado vários testes trocando os possíveis componentes que poderiam gerar o sintoma do ruído. Diante da dificuldade de chegar a alguma conclusão, o problema foi sendo escalonado para as gestões superiores até chegar à gerência dos setores de Produção, Qualidade, do IAC e também solicitado apoio técnico da matriz no Japão. A análise toda foi realizada em **10 dias (88 horas no total)** por uma equipe multidisciplinar formada por coordenadores, chefes e gestores dos setores da qualidade, engenharia, produção, IAC do Brasil e do Japão. A atividade foi realizada durante o horário de expediente normal do Brasil e 3 horas após o expediente normal devido ao fuso horário do Japão. A produção normal que trabalhava em 2 turnos ficou paralisada por **12 dias** e durante este período uma equipe multidisciplinar analisou o problema durante 10 dias. Com a orientação da equipe multidisciplinar, a produção ficou realizando a montagem de pequenas quantidades de produtos para realizar testes tentando

repetir o sintoma e ao mesmo tempo tentando eliminar o problema. Na prática a mão de obra operacional toda ficou indisponível para a produção. Já a mão de obra indireta, técnico de conserto, técnico da qualidade, dos alimentadores de material, engenharia de processo, ficaram alocada para outras atividades em outras categorias de produto. No caso do técnico de conserto, ele era requisitado com frequência para analisar os defeitos gerados na produção teste. Portanto, houve um custo de **R$ 12,63** por hora, durante **12 dias** de paralisação na produção. Multiplicando-se **R$ 12,63 x 10 horas** que o técnico permanece na fábrica, durante os **12 dias** dá se um valor total de **R$ 1.515,60** (**R$ 12,63 x 10h x 12 dias)** (custo de análise considerando a indisponibilidade do recurso). A Tabela 3 apresenta a recolha dos efeitos e critérios de custo da etapa 3.

Tabela 3 – Recolha de dados: Defeito

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Facto	**Opção**	**Efeitos na Qualidade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos na Produtividade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio do efeito**
3	Defeito novo?	Sim	-	-	Aumento no tempo de análise de melhorias	**10h x 12 dias = 120 h**	Aumento nos Custos da Qualidade - Avaliação	ACQ-A(T_{A_p})	**0**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na análise	**10h x 12 dias = 120 h**	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IA_p})	**R$ 1.515,60**
		Não	-	-	-	-	-	-	-

Recolha de dados: Nível de qualidade do retrabalho

Neste caso de estudo, o retrabalho atinge a qualidade requerida (opção de decisão "Sim"). Então, os efeitos da opção de decisão "Não", não precisam ser preenchidos. Os efeitos das ações de descarte e reposição serão os mesmos da etapa 5 (posterior).

Recolha de dados: Retrabalho

No caso de descarte, o C.O.B. deve ser retirado. Então, parte do processo de montagem deve ser desfeito que é a desmontagem da base do telefone sem fio, considerando que o monofone ficará isento do retrabalho. **30 segundos** é o tempo de desmontagem do telefone sem fio por posto de trabalho da linha de montagem. Os **30 segundos** devem ser somados ao tempo de atravessamento da linha de montagem (que é o tempo de preenchimento da linha com as bases do telefone defeituosas para realizar a desmontagem). A desmontagem

para retirada da placa principal na base ocorreu em **3 linhas** com **4 postos cada**, ou seja, multiplica-se **30 segundos** em **4 postos** que se dá **120 segundos por aparelho**. Multiplicando os **120 segundos** por **13.112 peças** é igual a **1.573.440 segundos** e divide-se em **3 linhas**, reduz o tempo para **524.480 segundos**, equivalente a **145,7 horas** ou **6,1 dias** (**3 turnos de 24 horas**). Desmontar custa o mesmo que montar, **R$ 0,08 por unidade**, considerando todos os recursos humanos, equipamentos e materiais empregados. Sendo realizado em regime de horário normal custa **R$ 0,08** vezes **13.112 peças**, totalizando de **R$ 1.048,96**.

No processo de *baking* no IAC, o tempo mínimo para retirar a umidade no C.O.B. é de **24 horas** e a capacidade da máquina de **3.000 peças** de cada vez. Para repor as **13.112 peças** divide-se pela capacidade da máquina que é de **3000 peças** e obtém-se um total de **4,4 dias**. Sendo o custo de retrabalho **R$ 11,05** por hora, funcionando em 3 turnos de 8 horas, equivalente a **24 horas** corresponde **R$ 265,20** por dia que multiplicado por **4,4 dias**, obtém-se tem-se um total de **R$ 1.166,88** (**R$ 11,05 x 24 h x 4,4 dias)**.

Apenas na retirada do C.O.B. da placa principal, o tempo necessário é de **660 segundos** que multiplicado por **13.112 peças** obteve-se um total de **8.653.920 segundos** ou aproximadamente **100 dias** úteis de trabalho. Funcionando em 3 turnos de trabalho, equivalente a 24 horas e 6 dias da semana, são necessários aproximadamente **4,16 meses** (100 dias dividido por 24 dias úteis no mês) para retrabalhar todas as placas. O custo da retirada é **R$ 11,05 por hora** (custo da mão-de-obra por hora considerando salário e encargos), para 1 pessoa, multiplicado por **24 horas** (3 turnos de trabalho) e **6 dias da semana**, em **24 dias por mês**, aproximadamente **4,16 meses**, tem-se um custo total de **R$ 26.477,57** (**R$ 11,05 x 24h x 24 dias x 4,16 meses)**.

Para a soldagem novamente do C.O.B., o tempo do processo é de **312 segundos** multiplicado por **13.112 peças** obteve-se um total de **4.090.944 segundos** ou aproximadamente **47,4 dias** úteis de trabalho, ou seja, aproximadamente **2 meses** para retrabalhar todas placas. O custo da de soldar novamente é de **R$ 11,05 por hora** (custo da mão-de-obra por hora considerando salário e encargos), para 1 pessoas, multiplicado por **24 horas** (3 turnos de trabalho) e **6 dias da semana**, em **24 dias por mês**, aproximadamente **2 meses** tem-se um custo total de **R$ 12.729,60** (**R$ 11,05 x 24h x 24 dias x 2 meses)**.

O componente C.O.B. necessitou ser descartado e reposto. Para repor em caráter emergencial, foi necessário trazer de frete aéreo com **5 dias de *lead time*** a um custo de **R$**

3.500,00. O custo unitário da peça é de **R$ 7,00** que multiplica por **13.112 peças** corresponde a **R$ 91.784,00**, valor somente da peça.

No Setor do I.A.C., onde existe os processos de S.M.D. e *Baking*, os recursos de mão-de-obra e equipamento foram utilizados em outras atividades produtivas, então, não houve indisponibilidade destes recursos.

A empresa tem custos para retirada do resíduo de peças descartadas, mas, também as vende como sucata não promovendo custos extras com a retirada dos resíduos. Então, várias empresas terceirizadas, credenciadas pelo órgão ambiental, retiram da fábrica as peças descartadas para obter vantagem no reaproveitamento.

A Tabela 4 apresenta a recolha dos valores dos efeitos e das Variáveis dos Critérios de custo da etapa 5.

Tabela 4 – Recolha de dados: Retrabalho

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Decisão	**Opção**	**Efeitos na Qualidade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos na Produtividade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio do efeito**
5	RETRABALHO?	Não	Aumento de itens para descarte	**13.112 Unid.**	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	**6,1 + 100 = 106,1 dias**	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	**R$ 1.048,96 + R$ 26.477,57 + R$ 12.729,60 + R$ 91.784,00 = R$ 132.040,13**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	**Zero**	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})	**Zero**
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	**Zero**	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})	**Zero**
			Outros aumentos no descarte	**Zero**	-	-	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(O_{Des_q})	**Zero**
			Aumento de itens para reposição	**13.112 Unid.**	Aumento na utilização de recursos na reposição	**47,4 + 4,4 + 5 = 56,8 dias**	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	**R$ 3.500,00 + R$ 1.166,88 + R$ 91.784,00 = R$ 96.450,88**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	**Zero**	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})	**Zero**
		Sim	-	-	-	-	-	-	-

Recolha de dados: Retrabalho com reposição

A reposição é a mesma da etapa 5.

No retrabalho, as placas principais da base do telefone que retornaram do I.A.C., após a ressoldagem do C.O.B., são reaproveitadas.

Para início do processo, é realizado o reteste das placas na linha de teste de placas do PCB (*Printed Circuit Bord*) onde operam **2 pessoas** em cada um dos **2 turnos,** com capacidade de **2.700 placas por dia**. Então, foram necessários aproximadamente **5 dias úteis** para repassar todas as placas. O custo do retrabalho é de **R$ 9,47 por hora, por pessoa**. Multiplicando o custo de **5 dias úteis**, por **2 pessoas em cada turno, 2 turnos (total de 16 horas)** o custo total é **R$ 1.515,20** (**R$ 9,47 x 2 pessoas x 16h x 5 dias)**.

Na linha de Montagem Final, foram reaproveitadas algumas peças da base do telefone, desmontadas na ocasião do retrabalho de retirada das placas como as bases dos telefones. O tempo necessário para montar em cada posto é de **30 segundos** (*takt time*)**.** O tempo de preenchimento da linha de montagem, com 4 postos de trabalho, com as bases dos telefones (reaproveitadas), totalizou **120 segundos por linha,** sendo realizado em **3 linhas de montagem.** Então, multiplicando os tempos pelas **13.112 placas,** totaliza **393720 segundos** ((120s x 3) + (30s x 13.112 peças)). Entretanto, foram usadas **3 linhas** de montagem, 23 h por dia (3 turnos de trabalho), aproximadamente **1,6 dias** de trabalho (393720s /3 linhas = 36,5h). O custo de montagem também é de **R$ 9,47 por hora e por pessoa**. Então, totaliza-se **R$ 4.147,86** (**R$ 9,47 x 4 pessoas x 3 linhas x 36,5 h)**.

A produção normal que trabalhava em 2 turnos ficou paralisada por **12 dias**, enquanto aguardava as análises, a conclusão das causas do problema e os retrabalhos do C.O.B. das placas da base do monofone. O custo da paragem (indisponibilidade) equivale a **R$ 9,47** por hora **x 10 horas** disponíveis x **12 dias** parados x **33 funcionários** (**11 funcionários** em **3 linhas),** totalizando **R$ 37.501,20**.

A Tabela 5 apresenta a recolha dos valores dos efeitos e das variáveis dos Critérios de custo da etapa 6.

Tabela 5 – Recolha de dados: Retrabalho com reposição

Etapa	Descrição								
	Pergunta / Decisão	**Opção**	**Efeitos na Qualidade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos na Produtividade**	**Valor nominal ou médio do efeito**	**Efeitos nos Custos**	**Código dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio do efeito**
6	RETRABALHO COM REPOSIÇÃO?	Sim	Aumento de itens para reposição	**13.112 Unid.**	Aumento na utilização de recursos na reposição	**47,4 + 4,4 + 5 = 56,8 dias**	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	**R$ 3.500,00 + R$ 1.166,88 + R$ 91.784,00 = R$ 96.450,80**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	**Zero**	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})	**Zero**
			Aumento de itens para retrabalho	**13.112 Unid.**	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho com reposição	**5 + 1,6 = 6,6 dias**	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(R_{RtR_p})	**R$ 1.515,20 + R$ 4.147,86 = R$ 5.663,06**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho com reposição	**Zero**	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRtR_p})	**Zero**
			Outros aumentos no retrabalho com reposição	**Zero**	-	-	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(O_{RtR_q})	**Zero**
		Não	Aumento de itens para retrabalho	**13.112 Unid.**	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho sem reposição	**5 + 1,6 = 6,6 dias**	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(R_{Rt_p})	**R$ 1.515,20 + R$ 4.147,86 = R$ 5.663,06**
					Aumento no tempo de reposição pelo retrabalho	**12 dias**	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{Rt_p})	**R$ 37.501,20**
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho sem reposição	**Zero**	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRt_p})	**Zero**
			Outros aumentos no retrabalho sem reposição	**Zero**	-	-	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(O_{Rt_q})	**Zero**

Análise da decisão proposta pelo Modelo

A Tabela 6, desenvolvida no Modelo de Decisão proposto, é a Planilha Excel de *input* das Variáveis dos Critérios que auxilia a Árvore de decisão estruturada no Software PrecisionTree conforme mostra a Figura 2.

A decisão da Etapa 2 é selecionada conforme opção da empresa. Os Factos das Etapas 3 e 4 foram selecionados conforme as verificações realizadas na recolha de dados. Nas Etapas 5 e 6, as decisões são definidas automaticamente pelo resultado da análise do Modelo de Decisão.

Tabela 6 – Planilha de input dos factos/decisão e valores das variáveis da análise de decisão

Etapa	Descrição							
	Pergunta de Decisão / Facto	**Decisão /Facto**	**Ações de consequência da decisão / Facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio da variável**
1	**Item ou lote defeituoso?**	Sim	Identificar consequências e planear ações	Aumento de itens defeituosos	Aumento no tempo de entrega pela reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})	14.160,00
					-	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})	72.1160,00
2	**Necessário reinspeção ou seleção?**	Sim	Reinspecionar ou selecionar peças no lote	-	Aumento no tempo de Inspeção	Aumento nos Custos da Qualidade - Avaliação	ACQ-A(T_{Ri_p})	9.571,76
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reinspeção	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRi_p})	0
				Atualização no aumento de itens defeituosos	Atualização no aumento do tempo de entrega pela reposição	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{E_p})	14.160,00
	SIM				-	Atualização no aumento dos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Def_q})	721.160,00
		Não	-	-	-	-	-	-
3	**Defeito novo?**	Sim	Analisar defeito e construir histórico do problema	-	Aumento no tempo de análise de melhorias	Aumento nos Custos da Qualidade - Avaliação	ACQ-A(T_{A_p})	0
	SIM				Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na análise	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IA_p})	1.515,60
		Não	-	-	-	-	-	-
4	**Retrabalho atinge nível de qualidade requerida?**	Não	Descartar	Aumento de itens para descarte	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	132.040,13
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})	0
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})	0
	SIM		Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	96.450,88
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})	0
		Sim	-	-	-	-	-	-

Etapa	Descrição							
	Pergunta de Decisão / Facto	**Decisão /Facto**	**Ações de consequência da decisão / Facto**	**Efeitos na Qualidade**	**Efeitos na Produtividade**	**Efeitos nos Custos**	**Código da variável dos efeitos nos Custos**	**Valor nominal ou médio da variável**
5	**RETRABALHAR?**	Não	Descartar	Aumento de itens para descarte	Aumento na utilização de recursos pelo descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(N_{Des_q})	132.040,13
	SIM				Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{ID_p})	0
					Aumento no risco de impacto ambiental ou infração da legislação no descarte	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{AD_p})	0
				Outros aumentos no descarte	-	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(O_{Des_q})	0
	VALOR AUTOMÁTICO		Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	96.450,88
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})	0
		Sim	-	-	-	-	-	-
6	**RETRABALHO COM REPOSIÇÃO?**	Sim	Repor	Aumento de itens para reposição	Aumento na utilização de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(R_{Rp_p})	96.450,88
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos na reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRp_p})	0
	NÃO		Retrabalhar	Aumento de itens para retrabalho	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho com reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(R_{RtR_p})	5.663,06
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho com reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRtR_p})	0
	VALOR AUTOMÁTICO			Outros aumentos no retrabalho com reposição	-	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(O_{RtR_q})	0
		Não	Retrabalhar	Aumento de itens para retrabalho	Aumento na utilização de recursos pelo retrabalho sem reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Falhas	ACQ-F(R_{Rt_p})	5.663,06
					Aumento no tempo de reposição pelo retrabalho	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{Rt_p})	37.501,20
					Aumento no tempo de indisponibilidade de recursos no retrabalho sem reposição	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(T_{IRt_p})	0
				Outros aumentos no retrabalho sem reposição	-	Aumento nos Custos da Qualidade - Oportunidade	ACQ-O(O_{Rt_q})	0

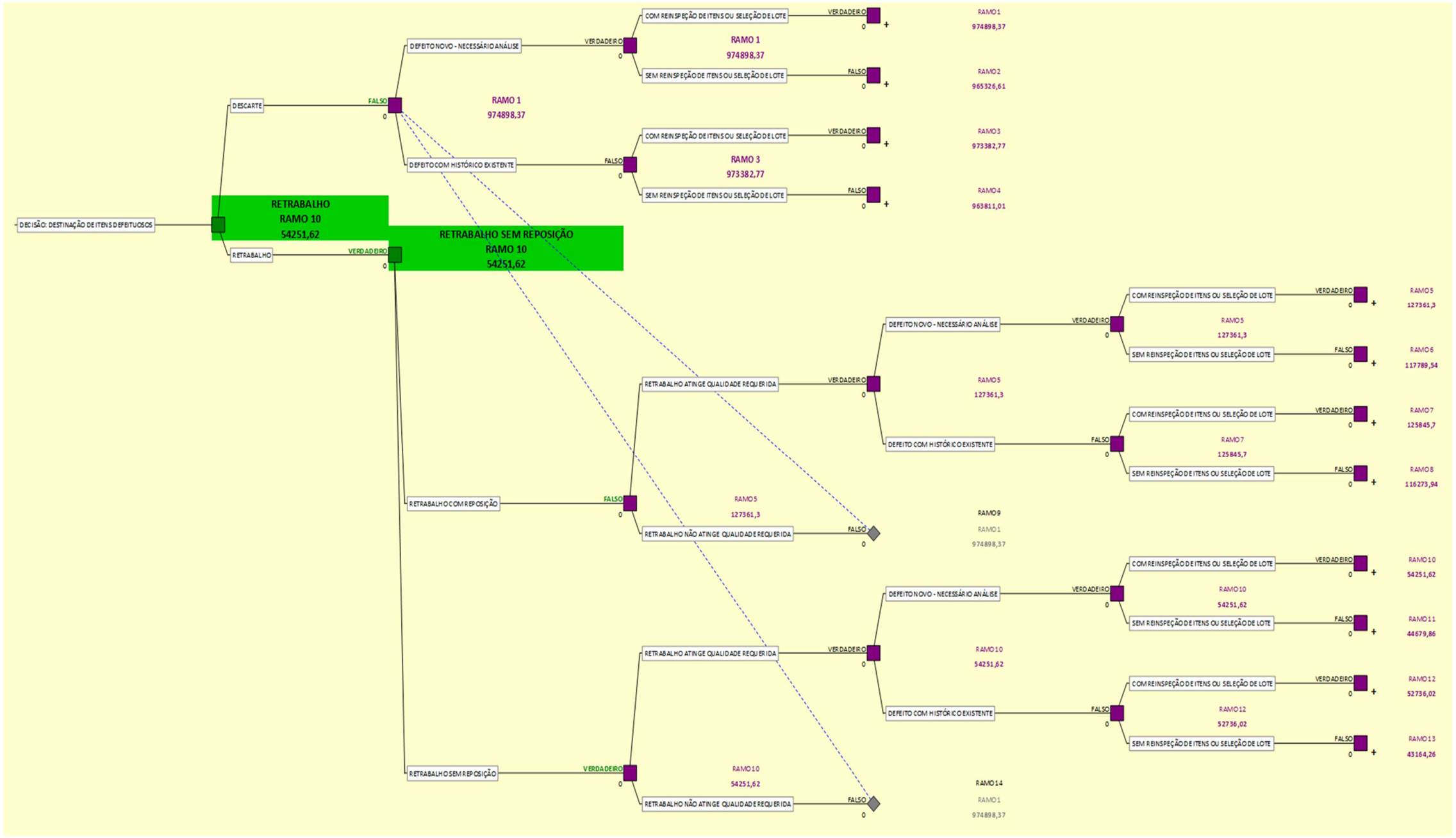


Figura 2 – Árvore de Decisão com decisões, factos e valores dos das Variáveis do Critérios do caso de estudo

A Tabela 7 apresenta o valor nominal de cada Ramo da Árvore de Decisão. O Ramo 10 é o Caminho que dentro das condições de Factos do caso de estudo (Com reinspeção de lote e necessário análise devido defeito novo – coluna Condição de Factos igual a "Verdadeiro") apresenta o menor valor (minimiza os custos), considerando os Ramos comparados no Grupo 1 (Ramos 1, 5 e 10).

Tabela 7 – Valores da combinação dos Critérios por Ramo e Decisão da Árvore

Decisão	**Valor Recolhido**		
	Ramo	**Valor nominal ou médio**	**Condição de Factos**
Descarte	Ramos 1	974.898,37	Verdadeiro
	Ramos 2	965.326,61	Falso
	Ramos 3	973.382,77	Falso
	Ramos 4	963.811,01	Falso
Retrabalho com reposição	Ramos 5	127.361,30	Verdadeiro
	Ramos 6	117.789,54	Falso
	Ramos 7	125.845,70	Falso
	Ramos 8	116.273,94	Falso
Retrabalho sem reposição	**Ramo 10**	**54.251,62**	**Verdadeiro**
	Ramos 11	44.679,86	Falso
	Ramos 12	52.736,02	Falso
	Ramos 13	43.164,26	Falso

Verifica-se diferença na decisão tomada pela empresa e o resultado pela Análise de Decisão do Modelo. A empresa opta por repor e depois avaliar a possibilidade de retrabalhar. O conjunto foi retrabalhado com a troca do C.O.B trincado. Então, o retrabalho realizado foi com reposição.

Análise de variações hipotéticas das Variáveis dos Critérios por Ramo

Foi realizada uma análise de variações percentuais dos valores nominais das Variáveis dos Critérios (*inputs*). Foi utilizada a análise de variações do *Software* TopRank (sensibilidade). Esta análise permite variar o valor de cada variável e avaliar a influência no *payoff* de cada Ramo (*output*) da Árvore de Decisão. Foi utilizada uma faixa de variação de ±100% do valor nominal das Variáveis dos Critério, distribuído uniformemente em 10 etapas conforme

mostra a Figura 3. Dessa forma, o Valor nominal de cada Variáveis foi variado entre 0 e o seu dobro.

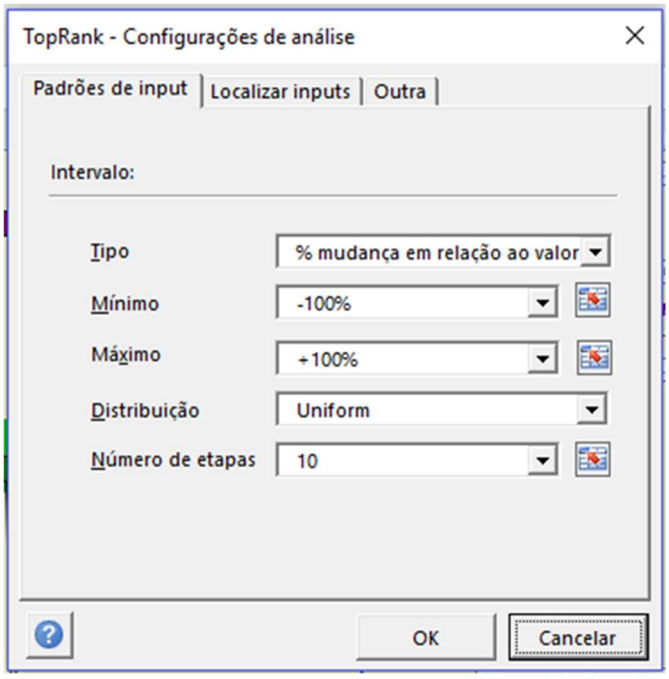


Figura 3 – Configuração de análise de variações pelo TopRank

Apesar da Análise de sensibilidade ter sido realizada para os 12 Ramos possíveis (quando retrabalho atinge nível de qualidade) da Árvore de Decisão, somente os que possuem condição de factos "Verdadeiro" (caminho da árvore) caso de estudo (com reinspeção e análise de defeito novo), Ramos 1 (Descarte), 5 (Retrabalho com reposição) e 10 (Retrabalho sem reposição) serão apresentados e discutidos abaixo.

Ramo 1 da decisão de descarte

A Figura 4 e a Tabela 8 mostram o nível de influência de cada as variável (*input*) no *payoff* do Ramo 1 (*output*), que corresponde à decisão de descarte. Observa-se que a mínima e a máxima variação do *payoff* do Ramo 1, cerca de ±74%, é causada pelo aumento do número de itens defeituosos (ACQ-F(N_{Def_q})) quando esta variável é variada em ±100%. O valor base (nominal) da variável do critério e os valores absolutos correspondentes à variação percentual das variáveis dos critérios (*input*) e correspondente p*ayoff* do Ramo 1 (*output*) são mostrados na Tabela 9.

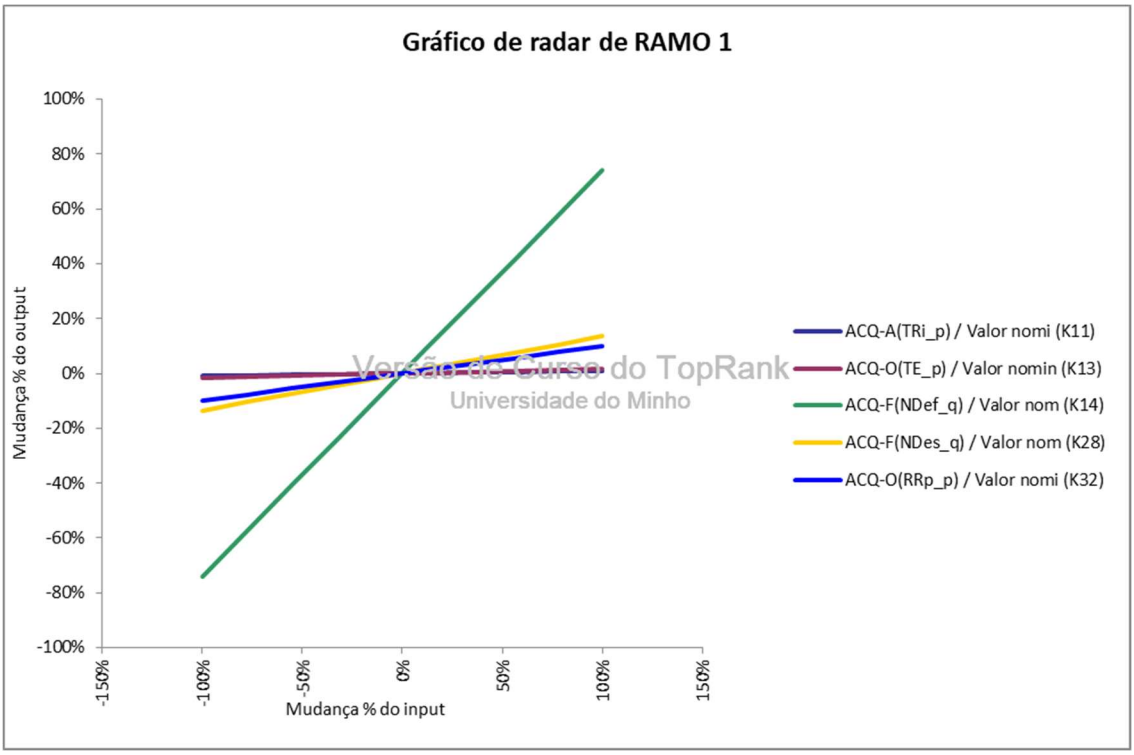


Figura 4 – Gráfico de radar do Ramo 1 gerado pelo TopRank

Tabela 8 – Resumo da análise de variações hipotéticas do RAMO 1

Ordem de influência	Nome do *input* (variável)		Mínimo			Máximo		
			Input (variável)	*Output* (Ramo 1)		*Input* (variável)	*Output* (Ramo 1)	
	Código	Valor base	Valor	Valor	Mudança	Valor	Valor	Mudança
1	ACQ-F(N_{Def_q})	721.160,00	0	253.738,37	-73,97%	1442.320	169.6058,37	73,97%
2	ACQ-F(N_{Des_q})	132.040,13	0	842.858,24	-13,54%	264.080,26	1.106.938,5	13,54%
3	ACQ-O(R_{Rp_p})	96.450,88	0	878.447,49	-9,89%	192.901,76	1.071.349,25	9,89%
4	ACQ-O(T_{E_p})	14.160,00	0	960.738,37	-1,45%	28.320,00	989.058,37	1,45%
5	ACQ-A(T_{Ri_p})	9.571,76	0	965.326,61	-0,98%	19.143,52	984.470,13	0,98%

Ramo 5 da decisão de retrabalho com reposição

A Figura 5 e a Tabela 9 mostram o nível de influência de cada variável (*input*) no *payoff* do Ramo 5 (*output*) que corresponde a decisão de retrabalho com reposição. Observa-se que a mínima e a máxima variação do *payoff* do Ramo 5, cerca de ±75,7%, é causada pelo aumento na utilização de recursos na reposição (ACQ-O(R_{Rp_p})) quando esta variável é variada em ±100%. O valor base (nominal) da variável, os valores absolutos correspondentes à variação

percentual das ariáveis dos critérios (*input*) e correspondente p*ayoff* do Ramo 5 (*output*) são mostrados na Tabela 9.

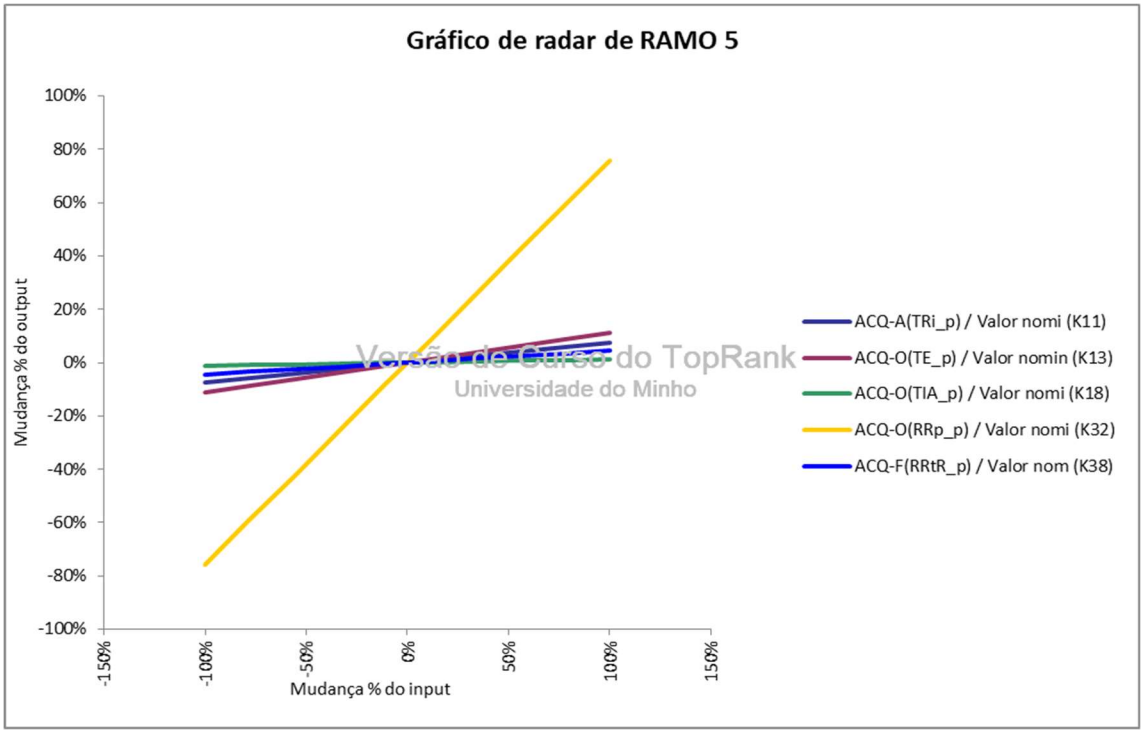


Figura 5 – Gráfico de radar do Ramo 5 gerado pelo TopRank

Tabela 9 – Resumo da análise de variações hipotéticas do RAMO 5

Ordem de influência	Nome do *input* (variável)		Mínimo			Máximo		
			Input (variável)	*Output* (Ramo 5)		*Input* (variável)	*Output* (Ramo 5)	
	Código	Valor base	Valor	Valor	Mudança	Valor	Valor	Mudança
1	ACQ-O(R_{Rp_p})	96.450,88	0	30.910,42	-75,73%	192.901,76	223.812,18	75,73%
2	ACQ-O(T_{E_p})	14.160,00	0	113.201,30	-11,12%	28.320,00	141.521,3	11,12%
3	ACQ-A(T_{Ri_p})	9.571,76	0	117.789,54	-7,52%	19.143,52	136.933,06	7,52%
4	ACQ-F(R_{RtR_p})	5.663,06	0	121.698,24	-4,45%	11.326,12	133.024,36	4,45%
5	ACQ-O(T_{IA_p})	1.515,60	0	125.845,70	-1,19%	3.031,20	128876,90	1,19%

Ramo 10 da decisão de retrabalho sem reposição

A Figura 6 e a Tabela 10 mostram o nível de influência de cada variável (*input*) no *payoff* do Ramo 10 (*output*) que corresponde a decisão de retrabalho sem reposição. Observa-se que a

mínima e a máxima variação do *payoff* do Ramo 10, cerca de ±69,1%, é causada pelo aumento no tempo de reposição pelo retrabalho (ACQ-O(T_{Rt_p})), quando esta variável é variada em ±100%. O valor base (nominal) da variável do critério e os valores absolutos correspondentes à variação percentual das variáveis dos critérios (*input*) e correspondente p*ayoff* do Ramo 10 (*output*) são mostrados na Tabela 10.

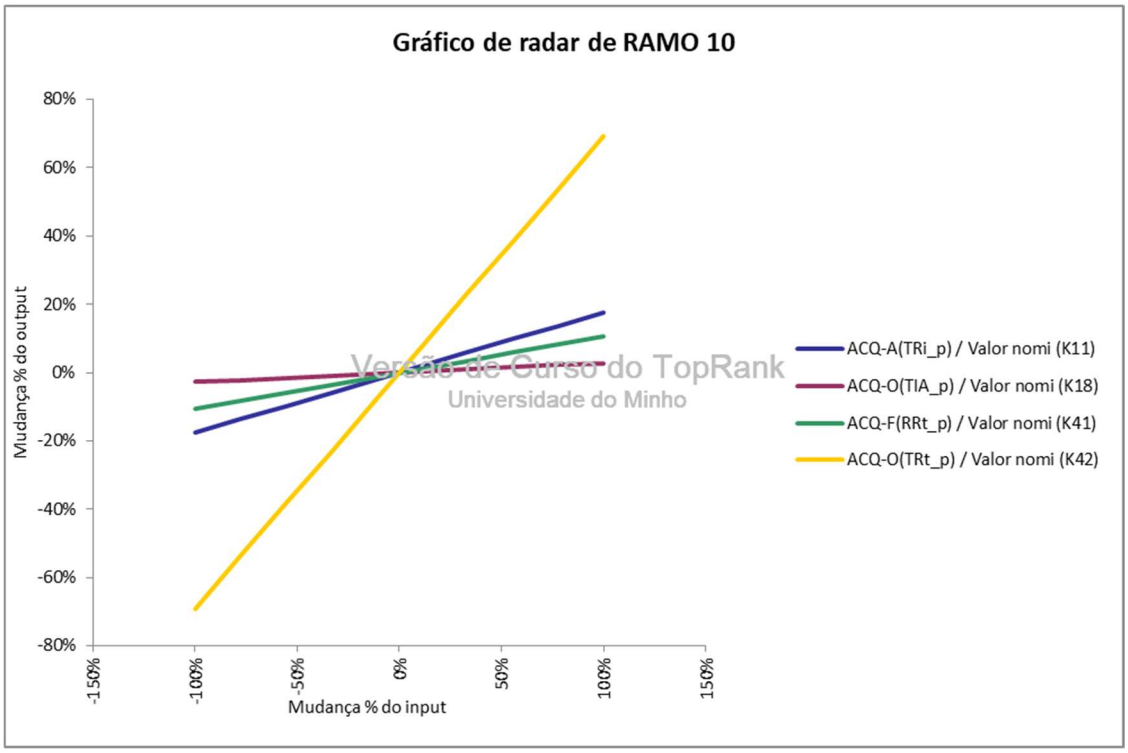


Figura 6 – Gráfico de radar do Ramo 10 gerado pelo TopRank

Tabela 10 – Resumo da análise de variações hipotéticas do RAMO 10

Ordem de influência	Nome do *input* (variável)		Mínimo			Máximo		
			Input (variável)	*Output* (Ramo 10)		*Input* (variável)	*Output* (Ramo 10)	
	Código	Valor base	Valor	Valor	Mudança	Valor	Valor	Mudança
1	ACQ-O(T_{Rt_p})	37.501,20	0	16.750,42	-69,12%	75.002,40	91.752,82	69,12%
2	ACQ-A(T_{Ri_p})	9.571,76	0	44.679,86	-17,64%	19.143,52	63.823,38	17,64%
3	ACQ-F(R_{Rt_p})	5.663,06	0	48.588,56	-10,44%	11.326,12	59.914,68	10,44%
4	ACQ-O(T_{IA_p})	1.515,60	0	52.736,02	-2,79%	3.031,2	55.767,22	2,79%

Conclusões e considerações ao caso de estudo

A Tabela 11 e o gráfico da Figura 7 apresentam um resumo comparativo das variações hipotéticas de cada Ramo e Decisão com variação percentual, valores nominais, máximos e mínimos, e, a variável mais influente. Verifica-se que com as variações hipotéticas (sensibilidade), o Ramo 5 (em vermelho) poderia ter sido selecionado (Decisão de retrabalho com reposição), caso o valor da variável mais influente fosse zero. Pois, o Ramo 5 atende a condição de factos "Verdadeiro" e possui valor mínimo menor do que o valor nominal do Ramo 10 (azul). Entretanto, o valor mínimo do Ramo 10 é menor do que no Ramo 5.

Tabela 11 – Resumo da análise de variações hipotéticas dos Ramos e Decisões

Decisão	**Valor Recolhido**			**Análise de variações hipotéticas**			
	Ramo	**Valor nominal ou médio (R$)**	**Condição de Factos**	**Valor máximo (R$)**	**Valor mínimo (R$)**	**Variação percentual (±)**	**Variável mais influente**
Descarte	Ramo 1	974.898,37	Verdadeiro	1.696.058,37	253.738,37	73,97%	ACQ-F(N_{Def_q})
	Ramo 2	965.326,61	Falso	1.686.486,61	244.166,61	74,71%	ACQ-F(N_{Def_q})
	Ramo 3	973.382,77	Falso	1.694.542,77	252.222,77	74,09%	ACQ-F(N_{Def_q})
	Ramo 4	963.811,01	Falso	1.684.971,01	242.651,01	74,82%	ACQ-F(N_{Def_q})
Retrabalho com reposição	Ramo 5	127.361,30	Verdadeiro	223.812,18	30.910,42	75,73%	ACQ-O(R_{Rp_p})
	Ramo 6	117.789,54	Falso	214.240,42	21.338,66	81,88%	ACQ-O(R_{Rp_p})
	Ramo 7	125.845,70	Falso	222.296,58	29.394,82	76,64%	ACQ-O(R_{Rp_p})
	Ramo 8	116.273,94	Falso	212.724,82	19.823,06	82,95%	ACQ-O(R_{Rp_p})
Retrabalho sem reposição	Ramo 10	54.251,62	Verdadeiro	91.752,82	16.750,42	69,12%	ACQ-O(T_{Rt_p})
	Ramo 11	44.679,86	Falso	82.181,06	7.178,66	83,93%	ACQ-O(T_{Rt_p})
	Ramo 12	52.736,02	Falso	90.237,22	15.234,82	71,11%	ACQ-O(T_{Rt_p})
	Ramo 13	43.164,26	Falso	80.665,46	5.663,06	86,88%	ACQ-O(T_{Rt_p})

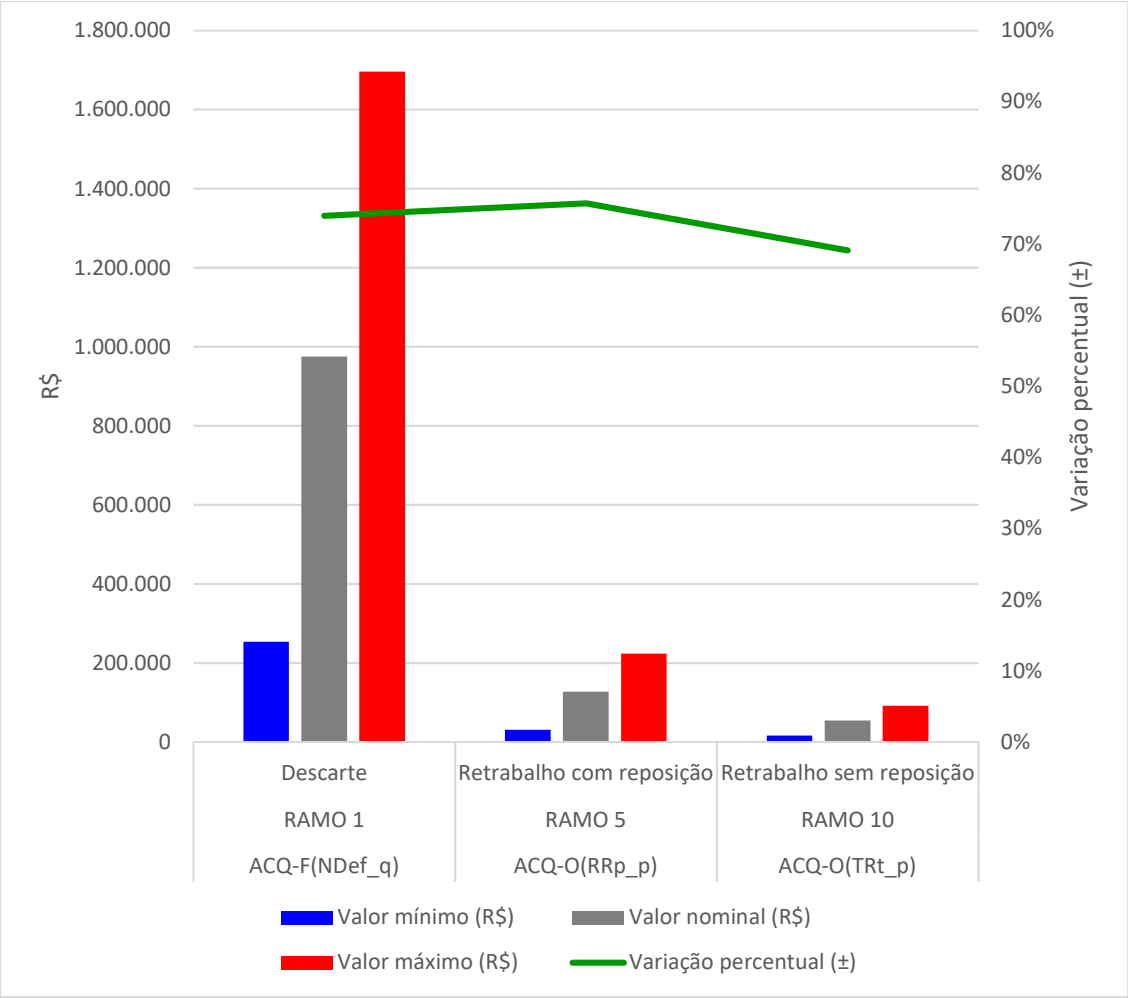


Figura 7 – Gráfico de resumo da análise de variações hipotéticas das decisões

O gráfico da Figura 8 mostra que a Variável ACQ-F(N_{Def_q}), apesar de mais influente no valor esperado da opção de descarte, não tem potencial de mudar a decisão. A respectiva variável não é somada ao valor esperado das opções de retrabalho com e sem reposição, então, seus respectivos valores permanecem constantes (127.361,30 e 54.251,62).

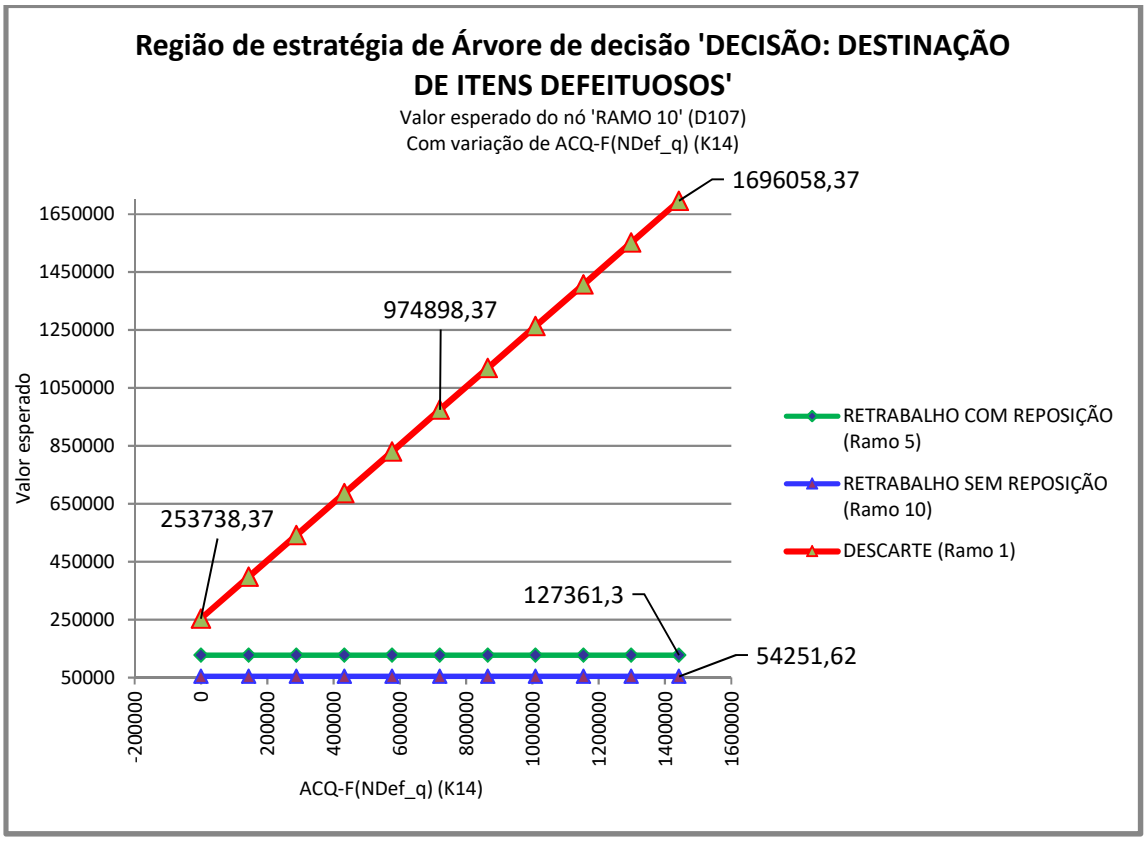


Figura 8 – Gráfico de sensibilidade da Variável ACQ-F(N_{Def_q})

O gráfico da Figura 9 mostra que a Variável ACQ-O(R_{Rp_p}) tem potencial de mudar a decisão de retrabalho sem reposição para retrabalho com reposição, desde que seu valor fosse de até 24,2% (23.341,20/96.450,88) do nominal (96.450,88 conforme Tabelas 8 e 9). Pois, 23.341,20 (24,2%) somado ao valor esperado mínimo da decisão de retrabalho com reposição (30.910,42) corresponde a um valor esperado igual da decisão de retrabalho sem reposição, ou seja, 23.341,20 + 30.910,42 é igual a 54.251,62. A respectiva variável não é somada ao valor esperado da decisão de retrabalho sem reposição, então, seu valor permanece constante (54.251,62). Entretanto, apesar de influente no valor esperado das opções de descarte e retrabalho com reposição, influencia de forma proporcional ambas opções de decisão que possuem a mesma variável somada ao valor esperado.

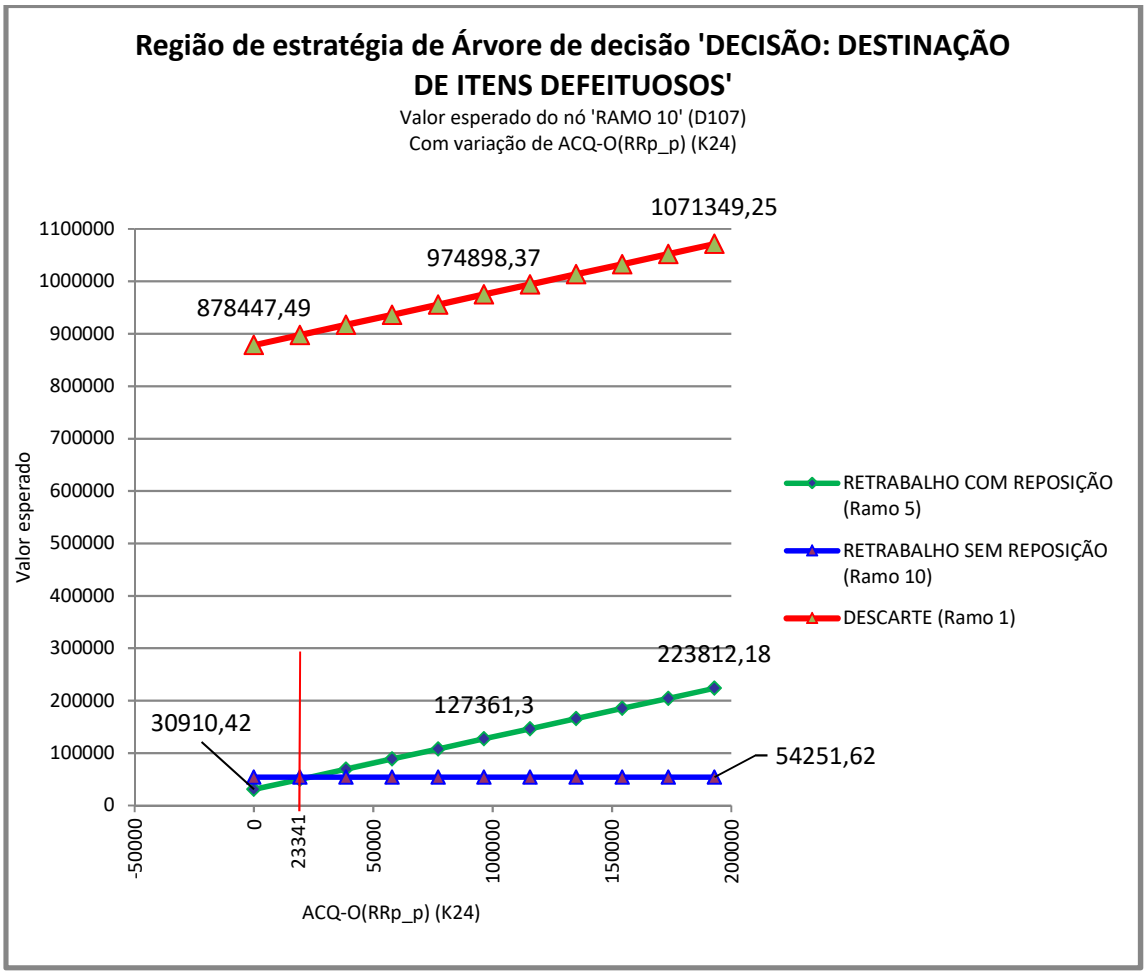


Figura 9 – Gráfico de sensibilidade da Variável ACQ-O(R_{Rp_p})

O gráfico da Figura 10 mostra que a Variável ACQ-O(T_{Rt_p}), apesar de mais influente no valor esperado da opção de decisão retrabalho sem reposição, não tem potencial de mudar a decisão. A respectiva variável não é somada ao valor esperado das opções de descarte e retrabalho com reposição, então, seus respectivos valores permanecem constantes (974.898,37 e 127.361,30).

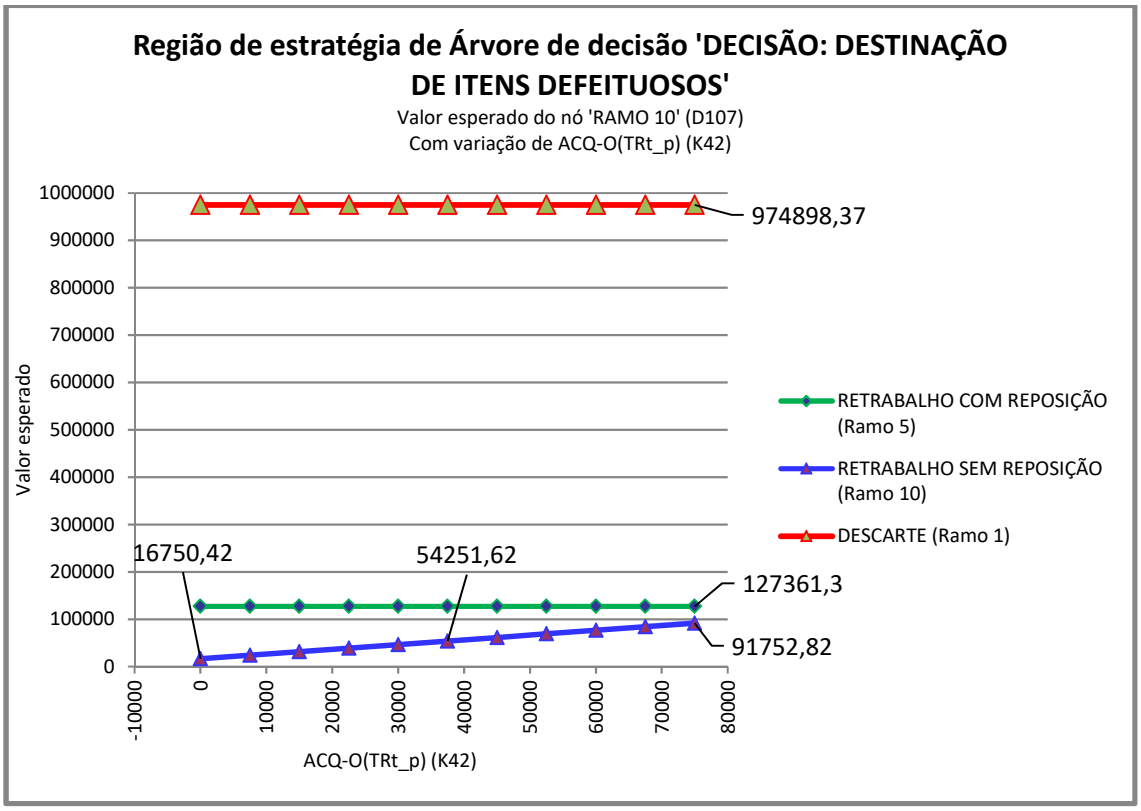


Figura 10 – Gráfico de sensibilidade da Variável ACQ-O(T_{Rt_p})

Verifica-se que o resultado da análise do Modelo indica decisão diferente daquela efetivamente tomada pela indústria. Então, considerando a diferença de valores nas decisões, houve R$ 73.109,68 (diferença entre o valor *payoff* R$ 127.361,30 do Ramo 5 da decisão de retrabalho com reposição realizada pela empresa e do valor *payoff* R$ 54.251,62 do Ramo 10 da decisão de retrabalho sem reposição selecionada pelo Modelo) de perda de lucro com a não minimização dos custos da qualidade na destinação dos itens defeituosos.

Alguns pontos comentados pelo Gestor de Produção relativo ao estudo de recolha e análise dos dados definido pelo Modelo de Decisão:

- ✓ O estudo permitiu uma análise minuciosa das perdas em custos geradas por processos produtivos que geram peças ou produtos não-conforme.
- ✓ Permitiu obter dados mais consistentes sobre as etapas dos processos envolvidos.
- ✓ Houve dificuldade na obtenção precisa dos dados referente a tempos e custos envolvidos em cada processo, dos recursos empregados, materiais, mão-de-obra, equipamentos e métodos de retrabalho e descarte.

- ✓ Verificou-se que algumas informações não foram registradas de forma minuciosa ou detalhada durante a ocorrência dos itens defeituosos, dificultando a identificação e *input* das informações no Modelo.
- ✓ Alguns dados foram estimados com base em valores existentes.
- ✓ Como trata-se de um problema passado que envolveu grande quantidade de pessoas e setores da empresa, e, parte do detalhamento das informações de tempos e custos não foram encontradas, foi necessário entrevistar várias pessoas diretamente envolvidas a fim de esclarecer detalhes não disponíveis em relatórios.
- ✓ Quanto as planilhas de *input* do Modelo, houve inicialmente dificuldade em entender que deveriam ser inseridos dados de situações que não ocorreram, como parte do processo de análise da decisão. Algo difícil, tratando-se de uma situação passada. Coube, estimar valores com base em outros dados existentes, relatórios e relatos da época.
- ✓ Apesar das dificuldades encontradas na recolha dos dados, o tema é de grande importância para a gestão industrial, identificando oportunidades de melhoria e auxiliando diretamente na tomada de decisão relativo a itens defeituosos.

Com base nas argumentações supracitadas do gestor de produção, conclui-se que o Modelo seria facilmente utilizado em tempo real para lidar com a problemática da gestão de destinação de itens defeituosos, considerando que as informações estariam disponíveis e que haveria suposta motivação em conhecê-las. Considerando as dificuldades em conseguir utilizar o Modelo em tempo real, os estudos foram desenvolvidos utilizando casos de estudo já passados, mas relevantes nas empresas. Estes estudos demonstraram a importância e complexidade da gestão de destinação de itens defeituosos para promover o menor custo e a qualidade. No futuro, propõe-se desafiar empresas e pesquisadores a utilizar o Modelo em tempo real.

O presente estudo foi desenvolvido utilizando os Apêndices III e IV que são manuais de utilizador do Modelo.