

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**ANÁLISE DAS FALHAS EM POKA-YOKES NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE
UMA EMPRESA SISTEMISTA AUTOMOTIVA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

MAGNO GILMAR BORGES MALHEIRO

RIO GRANDE, RS

2020

MAGNO GILMAR BORGES MALHEIRO

**ANÁLISE DAS FALHAS EM POKA-YOKES NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE
UMA EMPRESA SISTEMISTA AUTOMOTIVA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande-FURG como requisito para obtenção do título de “Mestre em Engenharia Mecânica” – Área de Concentração: Engenharia de Fabricação

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Carvalho Gomes

RIO GRANDE, RS

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

M249a Malheiro, Magno Gilmar Borges.

Análise das falhas em *poka-yokes* no processo de fabricação de uma empresa sistemista automotiva / Magno Gilmar Borges

Malheiro. – 2020.

74 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Rio Grande/RS, 2020.

Orientador: Dr. Leonardo de Carvalho Gomes.

1. *Poka-Yokes* 2. Falhas em *Poka-Yokes* 3. Garantia da Qualidade
4. Dispositivos de Medição I. Gomes, Leonardo de Carvalho II. Título.

CDU 629.331

BANCA EXAMINADORA

Ata nº 06/2020 da Defesa de Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Aos vinte e oito dias do mês de maio de dois mil e vinte, foi instalada a Banca de Defesa de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, às dez horas, via Videoconferência, a que se submeteu o mestrando **MAGNO GILMAR BORGES MALHEIRO**, nacionalidade brasileira, dissertação ligada a Linha de Pesquisa Engenharia de Soldagem e Materiais do PPMec, com o seguinte título: **ANÁLISE DAS FALHAS EM POKA-YOKES NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UMA EMPRESA SISTEMISTA AUTOMOTIVA**.

Referendada pela Câmara Assessora do Curso, os seguintes Professores Doutores: Luciano Volcanoglo Biehl, Rodolfo Reinaldo Hermes Petter e Paulo Ghinato, sob a presidência do Professor Leonardo de Carvalho Gomes. Analisando o trabalho, os Professores da Banca Examinadora o consideraram:

1. Leonardo de Carvalho Gomes: _____ APROVADO
2. Luciano Volcanoglo Biehl: _____ APROVADO
3. Rodolfo Reinaldo Hermes Petter: _____ APROVADO
4. Paulo Ghinato: _____ APROVADO

Foi concedido um prazo de 30 dias, para o candidato efetuar as correções sugeridas pela Comissão Examinadora (anexo) e apresentar o trabalho em sua redação definitiva, sob pena de não expedição do Diploma. A ata foi lavrada e vai assinada pelos membros da Comissão.

Assinaturas:

1. _____
CPF: 885689350-04
2. _____
CPF: 575195100-00
3. _____
CPF: 060059609-54
4. _____
CPF: 363498280-20

Magno Gilmar Borges Malheiro: _____

DEDICATÓRIA

*Aos meus avós Manoel, Ivone (in memorian) e
Suely, que me propiciaram muitas felicidades,
alegrias e amor.*

*Aos meus pais Gilmar e Simone, que sempre
colocaram minha educação como prioridade em
suas vidas e por serem a base de toda a minha
vida.*

*A minha querida Emanuele, por estar ao meu
lado em momentos de dificuldades, com todo seu
amor e carinho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aqui com emoção, a quem muito me ajudou e incentivou nesta etapa do meu projeto de vida que agora está se encerrando. Portanto, desejo deixar meus sinceros agradecimentos, às seguintes pessoas:

Ao meu orientador Professor Doutor Leonardo de Carvalho Gomes, pelos incentivos e dedicação dada em todo trabalho;

Ao Professor Doutor Luciano Voncanoglo Biehl, pela participação na banca e por ter me ajudado a dar início neste sonho;

Aos funcionários da “Empresa Sistemista”, por disponibilizarem um pouco de tempo, para me ajudarem a realizar esta pesquisa;

Aos meus amigos, em especial para Diego Porto, Carlos Follmann e Mauro Gamon, que estiveram, estão e estarão sempre comigo, independente da distância;

Aos meus familiares, por todo carinho que me foi passado.

RESUMO

A competitividade no mercado atual fez com que as empresas desenvolvessem cada vez mais uma qualidade assegurada. Estas ações proporcionaram, além de uma maior competitividade, uma redução de custos em geral, tanto internos quanto externos. Os dispositivos *poka-yokes* foram desenvolvidos justamente para essa finalidade, ou seja, para eliminar defeitos. Porém, os *poka-yokes* também estão suscetíveis a falhas. A presente dissertação tem como objetivo a análise das falhas em dispositivos *poka-yokes* e suas causas, utilizados no processo de fabricação em uma empresa sistemista de componentes automotivos. As análises da pesquisa decorreram de uma análise técnica de *poka-yokes* e uma pesquisa qualitativa (descrição, análise e interpretação dos dados coletados) envolvendo quatro funcionários com funções hierárquicas diferentes. Em seguida, foram realizadas as discussões dos resultados e as conclusões. Os resultados mostraram as falhas dos *poka-yokes* para o estudo em questão, bem como suas causas (ações externas, efeitos da falta de calibração, calibração incorreta e vida útil) A presente pesquisa confirmou que os *poka-yokes*, por se tratarem de dispositivos de medição em sua essência, devem ser tratados como tal, sendo testados, validados e calibrados periodicamente para manterem a confiabilidade. A testagem dos *poka-yokes* devem seguir uma periodicidade e podem ser testados através do conceito “peça coelho”. A presente pesquisa também apresentou sugestões de contramedidas para evitar as falhas nos *poka-yokes* estudados.

Palavras-chave: *Poka-yokes*, falhas em *poka-yokes*, garantia da qualidade, dispositivos de medição.

ABSTRACT

Competitiveness in the current market has led companies to increasingly develop quality assurance. These actions provided, in addition to greater competitiveness, a internal and external cost reduction. The poka-yokes devices were developed precisely for this purpose, that is, to eliminate defects. However, poka-yokes are also susceptible to failure. This dissertation aims to analyze the failures in poka-yokes devices and their causes, used in the manufacturing process in a systemist automotive company. The analysis of the research came from a technical analysis of poka-yokes and a qualitative research (description, analysis and interpretation of the collected data) involving four employees with different hierarchical functions. Then, discussions of the results and conclusions were performed. The results showed the failures of the poka-yokes for the case study adopted as well as their causes (external actions, effects of lack of calibration, incorrect calibration and useful life). This research confirmed that poka-yokes, as they are measuring devices in their essence, should be treated as such, being tested, validated and calibrated periodically to maintain reliability. The testing of poka-yokes must follow a periodicity and can be tested through the concept "piece rabbit". The present research also presented suggestions for countermeasures to avoid flaws in the studied poka-yokes.

Keywords: poka-yokes, poka-yokes failures, quality assurance, measuring devices.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da qualidade.....	16
Figura 2 – Ciclo para controle de erros e defeitos.....	21
Figura 3 – Custos dos defeitos.....	22
Figura 4 – Exemplo de <i>poka-yoke</i>	24
Figura 5 – <i>Poka-yoke</i> de inspeção de dimensão da peça.....	25
Figura 6 – Exemplo de mapa cognitivo.....	29
Figura 7 – Passos da pesquisa.....	31
Figura 8 – Vista aérea do CIAG.....	33
Figura 9 – Passos dos levantamento na empresa.....	34
Figura 10 – Bancada do posto de trabalho.....	38
Figura 11 – Sensor de cor da marca Cotrinex.....	39
Figura 12 – Sensor de presença da marca Cotrinex.....	39
Figura 13 – Bancada dos <i>poka-yokes</i>	41
Figura 14 – Sensor de visão com câmeras.....	42
Figura 15 – Mapa cognitivo da relação das causas para as falhas nos <i>poka-yokes</i>	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Respostas dos entrevistados em relação as questões da entrevista.....	49
Quadro 2 – Percepções dos entrevistados sobre os <i>poka-yokes</i>	52
Quadro 3 – Escala de importância.....	52
Quadro 4 – Análise de alguns tópicos da entrevista.....	53
Quadro 5 – Falhas e causas nos <i>poka-yokes</i> analisados.....	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS GERAIS	13
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.3	JUSTIFICATIVA DO TEMA	13
1.4	DELIMITAÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	QUALIDADE	15
2.1.1	<i>Entendimento do conceito de qualidade</i>	17
2.2	GARANTIA DA QUALIDADE	18
2.2.1	<i>Gestão da qualidade total</i>	18
2.2.2	<i>Controle de Qualidade Zero Defeitos (CQZD)</i>	19
2.2.2.1	<i>Métodos de inspeção</i>	20
2.2.2.2	<i>Inspeção 100% x Inspeção por amostragem</i>	22
2.3	POKA-YOKES	22
2.3.1	<i>Falhas em poka-yokes</i>	25
2.4	DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO	26
2.4.1	<i>Medição</i>	26
2.4.2	<i>Conceitos sobre medição</i>	27
2.5	CALIBRAÇÃO	27
2.6	MAPA COGNITIVO	28
3	METODOLOGIA	30
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	30
3.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	31
3.2.1	<i>Estudo de caso</i>	32
3.2.1.1	<i>Complexo industrial automotivo de Gravataí (CIAG)</i>	32
3.2.1.2	<i>Sistemistas</i>	33
3.2.1.3	<i>Empresa Sistemista</i>	34
3.2.2	<i>Medições e levantamentos de dados na empresa</i>	34
3.2.2.1	<i>Visita e entrevista</i>	35
3.2.2.2	<i>Pesquisa Qualitativa</i>	36
4	RESULTADOS	37
4.1	VISITA À “EMPRESA SISTEMISTA”	37

4.1.1	<i>Principais poka-yokes</i>	37
4.1.1.1	<i>Poka-yokes na operação de montagem</i>	38
4.1.1.2	<i>Poka-yokes da operação da inspeção final</i>	40
4.2	DESCRIÇÃO DOS DADOS	43
4.3	ANÁLISE DE DADOS	52
4.4	INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	53
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	57
6	CONCLUSÕES	62
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	64
8	REFERÊNCIAS	65
8.1	REFERÊNCIA NOMINAIS	65
8.2	REFERÊNCIAS POR ESTRATO	72
8.3	REFERÊNCIAS POR QUALIS.....	72
8.4	REFERÊNCIAS POR DATA DOS ARTIGOS	73

1 INTRODUÇÃO

Devido à competitividade acirrada e à busca pela sobrevivência no mercado, empresas e indústrias procuram priorizar ganhos de produtividade, eficiência e qualidade nas suas operações (COUTINHO; AQUINO, 2015). Para Tascin e Marangoni (2006), uma das maiores preocupações dos gestores industriais, no mercado brasileiro, sempre foi em como apurar, analisar, controlar e gerir os custos de produção. Os gastos para produzir e a qualidade tem que ser os melhores possíveis para poder gerar mais receita e lucro para a empresa. Logo, a qualidade e sua garantia são consideradas como vantagem competitiva, tornando-se, assim, uma necessidade para as empresas e as indústrias sobreviverem no mercado atual (PARASURAMAN, ZEITHAML; BERRY, 1985).

Defeitos de qualidade surgem porque erros são cometidos: os dois têm uma relação de causa e efeito. Contudo, erros não se tornarão defeitos se houver *feedback* e ação no momento do erro (SHINGO, 1996). Nesse contexto, os dispositivos *poka-yokes* têm sido apontados como vantagem competitiva na indústria, através da sua garantia da qualidade dos produtos em processos de fabricação. Conforme Monden (2015), *poka-yokes* impedem que unidades defeituosas sejam produzidas e prejudiquem os processos subsequentes. *Poka-yokes*, em sua origem, evitam o erro causador da falha, que, por sua vez, gera o defeito no produto (GOMES, 2001). Controlar e evitar esses erros justifica a utilização de ferramentas *poka-yokes*, as quais, segundo Shimbun (1988), são métodos utilizados para evitar as simples falhas humanas no trabalho, para alcançar o defeito zero.

Os *poka-yokes*, assim como outros dispositivos, estão suscetíveis a falhas. Com isso, eles podem falhar e permitir erros que causarão defeitos nos produtos ou, caso for *poka-yoke* de detecção, proporcionar uma informação errada sobre a qualidade do produto.

Pressupondo o *poka-yoke* como dispositivo de medição, em sua essência, pode apresentar falhas diversas causadas por mau uso, desgaste, entre outras motivações. Assim, a pergunta-problema que surge é: Por que os *poka-yokes* falham?

A partir desse questionamento, surge o objetivo desta pesquisa: analisar as falhas em *poka-yokes* e suas causas, durante o processo de fabricação.

A pesquisa será conduzida a partir de um estudo de caso em uma empresa sistemista, em um complexo automotivo no sul do país. Desse modo, através de pesquisas na literatura e do estudo de caso na empresa, assim como da pesquisa qualitativa, da coleta, da análise e da interpretação dos resultados obtidos, chegar-se-á à conclusão sobre os objetivos propostos neste trabalho.

O trabalho está organizado da seguinte maneira: no capítulo 2, é apresentado o referencial teórico; o capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada; no capítulo 4, mostram-se os resultados obtidos; no capítulo 5, esses resultados são discutidos; e, por fim, as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros são apresentadas nos capítulos 6 e 7, respectivamente.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo desta pesquisa consiste em analisar as falhas em dispositivos *poka-yokes* e suas causas, durante o processo de fabricação de componentes automotivos de uma empresa sistemista, bem como propor contramedidas, para evitar as falhas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A seguir são apresentados os objetivos específicos deste estudo:

- Análise dos dispositivos *poka-yokes* da empresa;
- Análise das entrevistas através das etapas da pesquisa qualitativa;
- Mensurar os principais problemas ou falhas e sua consequente discussão referente aos dispositivos *poka-yokes*.

1.3 JUSTIFICATIVA DO TEMA

Economicamente, este trabalho se justifica devido ao fato de que os dispositivos *poka-yokes* neutralizam os defeitos do processo produtivo, garantindo a qualidade da produção e, conseqüentemente, reduzindo custos da empresa.

Esta pesquisa se justifica academicamente, pois contribui diretamente com a literatura, apresentando tipos de falhas e causa de falhas em *poka-yokes*.

1.4 DELIMITAÇÃO

A pesquisa delimitou-se em analisar as falhas, causas de falhas, afirmações e conclusões, limitadas ao estudo de caso na empresa em questão, especializada na produção de componentes automotivos, mas pode ser estendida a outros ambientes e casos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma revisão teórica sobre *poka-yokes* e dispositivos de medições. *Poka-yokes* são métodos projetados para eliminar defeitos (SHINGO, 1996). Como a hipótese da presente pesquisa é que *poka-yokes* são dispositivos de medição em sua essência, também são apresentados conceitos relacionados a esses dois temas, para um melhor entendimento destes e o desenvolvimento da pesquisa.

2.1 QUALIDADE

Desde a era de artesões, já existia a preocupação com a qualidade de produtos e serviços, o que era visto como fator competitivo. A preocupação com a qualidade fez os métodos utilizados para gerir e garantir a qualidade dos produtos e serviços evoluírem substancialmente ao longo dos anos, aumentando a sua eficiência de modo a adaptarem-se às exigências crescentes do mundo dos negócios (GANHÃO; PEREIRA, 1992).

Com o rápido crescimento da produção, devido à Revolução Industrial, a qualidade dos produtos/serviços diminuiu, pelo fato dos trabalhadores não possuírem as habilitações específicas (PIRES, 2007).

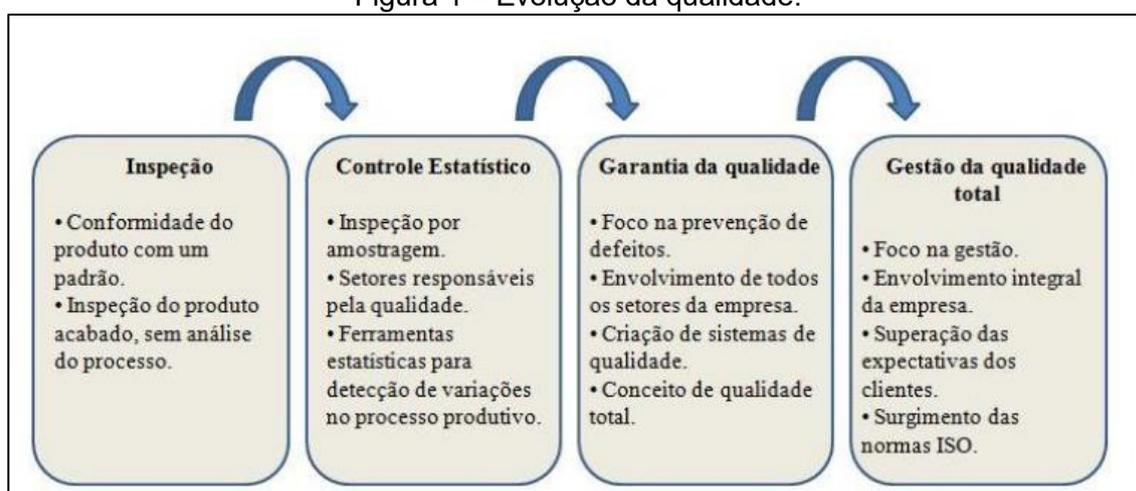
No final da década de 10, surgiu o primeiro trabalho, com exclusividade, para a qualidade: o inspetor (EVANS; DEAN, 2000; PIRES 2007). Este possuía algumas competências, como verificar materiais defeituosos, calibrar dispositivos e, principalmente, conferir se os produtos estavam ou não de acordo com o padrão (GANHÃO; PEREIRA, 1992, EVANS; DEAN, 2000). Segundo Dale e Bunney (1999), nessa época, a inspeção era vista como a única maneira de garantir a qualidade.

Na era da garantia da qualidade, em meados da década de 40, as empresas começam a investir em departamentos próprios para analisar e planejar controles de qualidade. Surgem, assim, os chamados engenheiros do controle de qualidade (GANHÃO; PEREIRA, 1992, ANTÔNIO; TEIXEIRA, 2009). Os autores ainda comentam algumas tarefas comuns para estes profissionais, como planejamento da

qualidade, análises de resultados e reclamações, métodos estatísticos, entre outros, porém o mais importante é o da melhoria da qualidade.

Na Figura 1, observa-se a evolução da qualidade, desde uma simples inspeção final até a gestão da qualidade total.

Figura 1 – Evolução da qualidade.



Fonte: Butzge et al. (2018).

- Era da Inspeção: Período no qual a qualidade se limitava à inspeção dos produtos acabados (TOLEDO; BATALHA; AMARAL, 2000). Tratava-se somente de uma ação corretiva, sem bases de métodos científicos.
- Era do Controle Estatístico: Período do desenvolvimento das ferramentas estatísticas de amostragem (TOLEDO; BATALHA, AMARAL, 2000). Os mesmos autores informam, ainda, que essa era foi responsável por um grande salto nos padrões de qualidade da indústria.
- Era da Garantia da Qualidade: O foco deixa de ser apenas a aplicação de técnicas estatísticas para prevenção, assumindo-se o papel de garantir a qualidade em todas as áreas e atividades da empresa, por meio de sistemas de qualidade (TOLEDO; BATALHA; AMARAL, 2000). Sistemas de garantia da qualidade procuram garantir a qualidade em todas as etapas do ciclo do produto.
- Era da Gestão da Qualidade Total: Nesse período, as empresas gerenciam a qualidade de forma proativa, como fonte de vantagem competitiva, utilizando-se de um processo de planejamento estratégico e de um amplo conjunto de ações (programas, treinamentos, grupos de

melhorias, ferramentas de análise e melhoria de processos, etc.) para atingir as necessidades do cliente. (TOLEDO; BATALHA; AMARAL, 2000).

Porter (2004), juntamente com Santos e Santos (2018), trata qualidade como vantagem competitiva frente à concorrência. Porém, a qualidade já não é um diferencial competitivo e sim um fator qualificador ou um pré-requisito para competir no mercado (GOMES, 2016).

2.1.1 *Entendimento do conceito de qualidade*

Durante muitos anos, na literatura de gestão, um tema de altíssima importância se deve à qualidade (RAJPATTY, 2011). Pfeffer e Coote (1991) defendem que a qualidade tem um sentido escorregadio.

Para Juran (1974), a qualidade é definida como adequação ao uso, priorizando as características do produto ou do serviço que atendem às necessidades do cliente. Já para Campos (1992), um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente. Zeithaml (1998) defende que para um processo ter percepções de qualidade, deve igualar ou superar as expectativas de seus usuários. Medeiros *et al.* (2014) complementam que qualidade pode ser definida como todas as características ou atributos de um processo produtivo ou serviço, ligada com sua capacidade de atingir as necessidades dos que o consomem. Apesar da diversidade de definições, Barreto *et al.* (2012) e Tolentino *et al.* (2013) determinam um denominador comum: o cliente. Para Filho e Cheng (2007), a qualidade do produto, simplificada, pode ser compreendida como satisfação da necessidade do cliente.

Para esta pesquisa, o conceito de qualidade é adotado de acordo com Gomes (2016), como adequação ao uso e atendimento às especificações. Porém, o foco do estudo será o atendimento às especificações, foco dos *poka-yokes*.

2.2 GARANTIA DA QUALIDADE

A partir da era da garantia da qualidade, na década de 40, as principais mudanças foram: a qualidade, que deixou de ser restrita à produção fabril, passando a contemplar todas as áreas da organização; a abordagem, ainda voltada à prevenção de problemas, porém com a expansão dos instrumentos, compreendendo alguns elementos como: Gestão da qualidade total, Zero defeito e Engenharia da confiabilidade (TELLES; BITTENCOURT; PITTA, 2014).

O uso de ferramentas ou metodologias de garantia da qualidade é considerado como um fator de redução de custos e gastos, pois diminui o índice de defeitos e falhas, conseqüentemente, reduzindo retrabalho e reclamações de clientes por peças defeituosas (YAACOB, 2010, PHAN; ABDALLAH; MATSUI, 2011)

O Controle da Qualidade Total, do inglês TQC – *Total Quality Control*, foi um importante movimento, que surgiu através dos trabalhos de Armand V. Feigenbaum (ISHIKAWA, 1993). Gomes (2001) complementa que o TQC é uma expressão utilizada pelos japoneses para representar a prática do controle de qualidade em suas empresas.

2.2.1 Gestão da qualidade total

Gestão da qualidade total, ou *Total Quality Management – TQM*, consiste em um sistema direcionado para alcançar as metas de uma empresa (CAMPOS, 1992).

No Brasil foi mais evidente o movimento da Qualidade Total nos anos 90, a partir do episódio histórico no qual o nosso presidente da República na época, Fernando Collor de Mello, dirigiu uma Ferrari em um evento e emitiu a seguinte mensagem: “Comparados com os carros do mundo desenvolvido, os carros brasileiros são verdadeiras carroças” GOMES (2016). O mesmo autor complementa, mencionando que, após esse fato, deu-se início a uma revolução pela qualidade, pois os produtos nacionais passaram a competir com os produtos internacionais, e as empresas no geral adotaram primeiramente a qualidade como diferencial competitivo. O Brasil, então, entrou em uma “Era da Qualidade Total”, e

esse movimento foi importante para consolidar uma base de garantia da qualidade e da confiabilidade de produtos e serviços.

Os princípios da Qualidade Total estão fundamentados na administração Científica de Frederick Taylor, no Controle Estatístico de Processos (CEP) de Walter A. Shewhart e na Administração por Objetivos de Peter Drucker (ISHIKAWA, 1993). Ishikawa ainda define Qualidade Total como uma técnica de administração multidisciplinar construída por programas, métodos e ferramentas, para obter produtos ou serviços com melhor qualidade e por menor custo, atingindo a satisfação dos seus consumidores.

Gobis e Campanatti (2012) complementam dizendo que a qualidade total não atende apenas aos clientes de uma empresa, englobando, sim, todos os envolvidos, desde funcionários até administradores.

A gestão da qualidade total baseia-se nos princípios praticados por empresas japonesas, norte-americanas e europeias, fundamentada primeiramente por Juran (1974) e Deming (1990).

Já Campos (1992) diz que os princípios básicos da gestão da qualidade total são: produzir, garantir, identificar, falar, gerenciar, reduzir, procurar, respeitar, atender, prevenir e definir.

2.2.2 Controle de Qualidade Zero Defeitos (CQZD)

O Controle da Qualidade Zero Defeitos – CQZD na Toyota não é um programa, mas um método racional e científico capaz de eliminar a ocorrência de defeitos através da identificação e do controle das causas (GHINATO, 1995).

De acordo com Shingo (1996), existem quatro pontos fundamentais para a sustentação do CQZD:

1. Utilização da inspeção na fonte, com a intenção de eliminar a ocorrência dos defeitos diretamente na origem;
2. Utilização de inspeção 100% ao invés de inspeção por amostragem;
3. Redução do tempo decorrido entre detecção do erro e aplicação da ação, para corrigir;

4. Reconhecimento de que os trabalhadores não são infalíveis. Aplicação de dispositivos *poka-yokes*.

A meta do CQZD não é somente a fabricação de produtos isentos de defeitos, mas a “garantia” de que um sistema produza “consistentemente” produtos livres de defeitos (GHINATO, 1996).

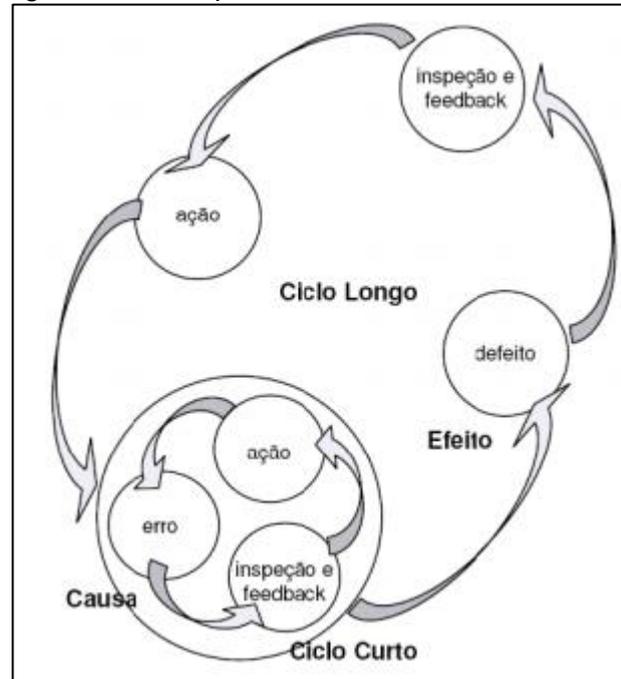
2.2.2.1 Métodos de inspeção

Segundo Ghinato (1996), inspeção é o processo de medição, exame, teste, ou qualquer outra comparação do produto com o padrão.

- Para descobrir defeitos, o método utilizado é a **Inspeção por julgamento**, visando distinguir produtos defeituosos dos produtos conformes. Shingo (1996) define esse tipo de inspeção como *post-mortem*, ou seja, informa após ocorrência ou não de defeito, geralmente no final do processo. Melhorar essa inspeção poderá aumentar a confiabilidade do processo de inspeção, mas não terá qualquer efeito sobre a redução de defeitos, pois não focaliza a causa e sim a consequência (GOMES, 2001);
- Para reduzir defeitos, o método utilizado é a **Inspeção informativa**, visa informar sempre que um defeito for detectado, permitindo que medidas sejam tomadas para corrigir o método ou a condição de processamento, impedindo a repetição do defeito (SHINGO, 1996). Quanto mais rápido for informado (*feedback*) o defeito, mais rápida e efetiva será a solução do problema.
- Para eliminar defeitos, o método é a **Inspeção na fonte**, que previne a ocorrência de defeitos, controlando as condições que influenciam a qualidade na sua origem, em outras palavras, visa eliminar o erro responsável pelo defeito (GOMES, 2001). A utilização eficaz dessa técnica depende do reconhecimento da existência da relação causa-efeito, da identificação dos tipos de erros possíveis e da aplicação de técnicas capazes de neutralizá-las. A figura a seguir, proposta por Shingo (1996), apresenta o mecanismo da função controle (inspeção

na fonte) ocorrendo em um ciclo curto, concentrado sobre a causa dos defeitos.

Figura 2 – Ciclo para controle de erros e defeitos.



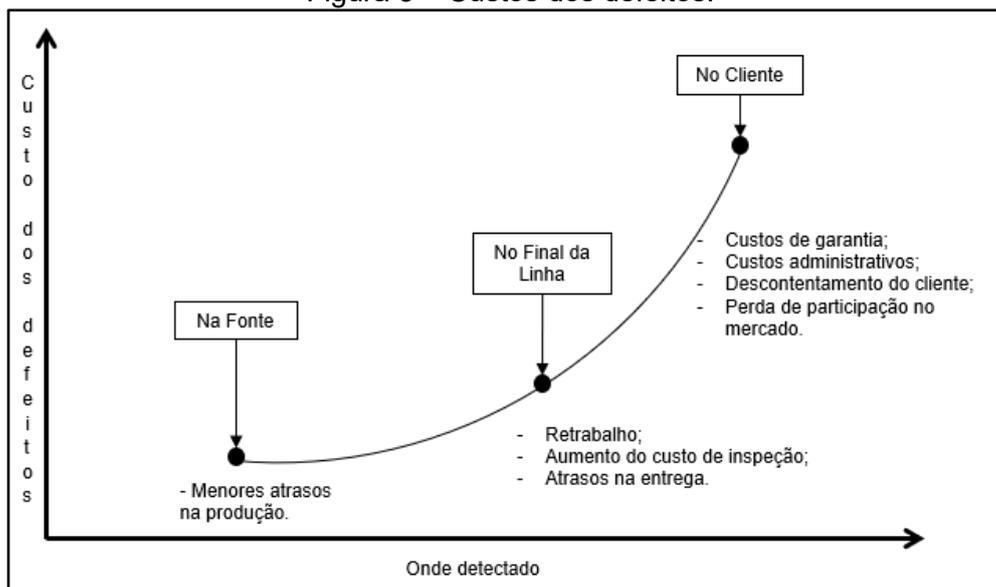
Fonte: Shingo (1996).

Segundo Gomes (2001), o mecanismo apresentado demonstra que o *poka-yoke* permite um ciclo curto de *feedback*, ou seja, o erro ocorre, no mesmo momento o dispositivo acusa (inspeção e *feedback*), permitindo uma ação imediata.

A combinação entre o CQZD e a autonomia garante qualidade do produto ao longo do processo produtivo e efetiva a qualidade assegurada (GHINATO, 1996).

Ghinato (1996) ressalta a importância da detecção dos erros na fonte, antes que se tornem defeitos, para redução de custos, conforme a Figura 3.

Figura 3 – Custos dos defeitos.



Fonte: Adaptado de Ghinato (1996).

2.2.2.2 Inspeção 100% x Inspeção por amostragem

Na inspeção completa (100%), todo lote é inspecionado, enquanto na inspeção por amostragem, apenas uma fração do lote será inspecionada.

A inspeção por amostragem é mais econômica, devido a não necessitar de inspeção em todas as peças, tornando o processamento mais rápido, e por exigir um número menor de inspetores.

Embora a inspeção por amostragem seja o método mais racional, ele não garante necessariamente a qualidade. Estatisticamente, uma amostragem apenas assegurará (nunca garantirá 100%) a qualidade (SHINGO, 1996). Segundo o mesmo autor, quando o objetivo visa a eliminação de defeitos, deve-se utilizar técnicas de inspeção 100%.

Para garantir a qualidade em neutralizar defeitos, devem ser através de dispositivos a prova de erros (*poka-yokes*), outros métodos são para reduzir defeitos (SHINGO, 1996).

2.3 POKA-YOKES

Originalmente tratado como *baka-yoke* (à prova de bobos), o *poka-yoke* conceituado por Shingo (1996) é um sistema de inspeção que tem como objetivo prevenir o erro humano no trabalho (SHIMBUN, 1988). McGee (2005) e Vinod *et al.* (2017) entendem como um sistema de garantia de qualidade para a redução da

variabilidade. Porém, alguns autores, como Bendell, Penson e Carr (1995) e Chao, Beiter e Ishii (2001), os veem como apenas dispositivos físicos que controlam defeitos.

O erro humano no meio da manufatura e nos sistemas produtivos é muito preocupante. Nos últimos 30 anos, as falhas por erros humanos variam de 50 a 75% de todas as falhas analisadas nos sistemas aeroespaciais (IMAM, 1998, CALARGE; DAVANSO, 2004).

Um fator importante no funcionamento de uma empresa deve ser a aplicação de estratégias de melhorias contínuas adequadas, colocando ênfase nas estratégias de prevenção de falhas ou erros, como os dispositivos à prova de falhas (*poka-yokes*) (DUDEK-BURLIKOWSKA; SZEWIECZEK, 2009).

A seguir, comentários de alguns autores sobre os dispositivos:

- Dispositivos à prova de erros (*poka-yokes*) são mecanismos que previnem trabalhos defeituoso (MONDEN, 2015).
- Nikkan (1988) e Plonka (1997) defendem que os *poka-yokes* são dispositivos, que possuem as funções de alertar para e corrigir as falhas;
- Os *poka-yokes* são dispositivos de detecção de anormalidade que ligados a um processo, impedem a execução irregular de uma atividade (GHINATO, 1998);
- São uma prática para a erradicação de erros no processo, atuando sobre a causa raiz das falhas (MIDDLETON, 2001; KUMAR ET AL, 2019);
- Grout (2007) simplifica *poka-yokes* dizendo que são dispositivos que realizam a detecção de defeitos, minimizando impactos causados pelas falhas;
- Para Muharam e Latif (2019), são sistemas de monitoramento automático;
- Segundo Silva, Gohr e Santos (2019), são dispositivos que evitam erros ou falhas operacionais, garantindo a qualidade do produto;
- Já para Connor (2006) e Hinckley (2007), são sistemas que detectam e previnem a ocorrência de defeitos, fazendo o produto, ou processo, ocorrer como um fluxo contínuo.

Tsou e Chen (2005) analisaram o custo de um sistema *poka-yoke* em uma empresa no ramo automobilístico. Os resultados mostraram que é uma ferramenta capaz de gerar retorno satisfatório, porém depende do valor investido no equipamento. Comprovaram, assim, que é válido investir na implementação dos dispositivos.

Posajek (1999) fez uma análise sobre *poka-yokes* e concluiu que estes funcionam bem nas situações a seguir:

- Rotina de uma sequência fixa de operações com intervenção do operador;
- Número reduzido de parâmetros do processo a controlar;
- Controle estatístico de processos difíceis de implementar ou ineficientes;
- Controle de ativos qualitativos e não quantitativos.

Segundo Shingo (1996), não se deve esquecer que o verdadeiro *poka-yoke* é simples, óbvio, prático e, principalmente, barato.

A figura 4, demonstra um mecanismo a prova de erros (*poka-yoke*) na entrada USB, impedindo que o operador conecte o *pen-drive* de maneira incorreta.

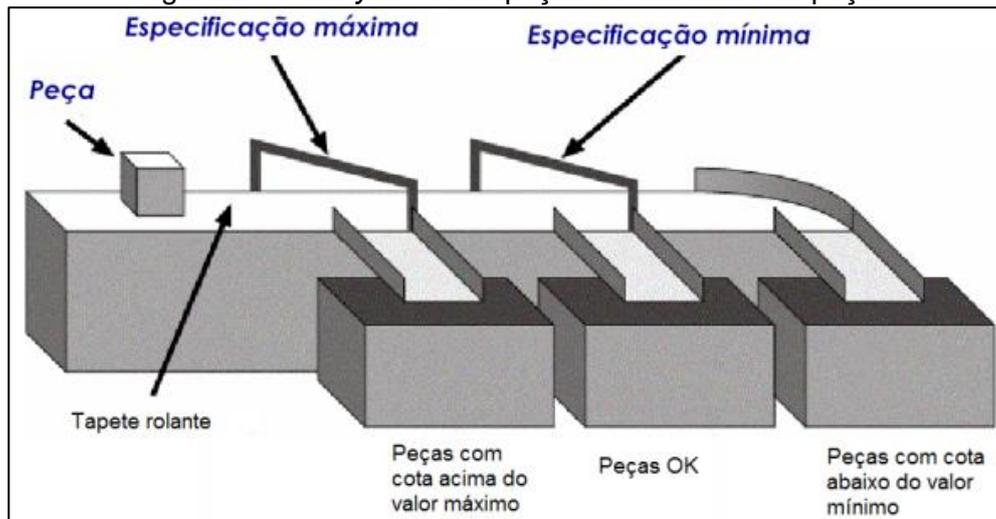
Figura 4 – Exemplo de *poka-yoke*.



Fonte: Garrido (2017).

A Figura 5 representa a operação de inspeção para garantir uma cota dimensional que esteja compreendida entre um valor mínimo e um valor máximo especificados. São posicionados na esteira rolante dois batentes, o primeiro permite separar as peças com cota acima do valor máximo e o segundo permite separar as peças conformes (OK) das peças com a cota abaixo do valor mínimo.

Figura 5 – *Poka-yoke* de inspeção de dimensão da peça.



Fonte: Nogueira (2018).

Shingo (1996) classifica os *poka-yokes* quanto a sua função em:

- Método do controle (prevenção) – O *poka-yoke* detecta uma variabilidade não esperada no processo e interrompe a operação, com a intenção de evitar a produção de defeitos, e garante um *feedback* para que a ação corretiva seja implementada com urgência;
- Método da advertência (detecção) – O *poka-yoke* detecta a anormalidade, mas não interrompe o processo, apenas sinalizando a ocorrência através de sinais.

Os “verdadeiros” *poka-yokes*, e mais eficazes, são os de prevenção, pois impedem a produção de peças defeituosas, enquanto os de detecção apenas sinalizam os defeitos na peça, mas não impedem a geração desses defeitos (GOMES, 2001).

2.3.1 Falhas em *poka-yokes*

Foi realizada uma pesquisa, no dia 12 de abril de 2020, nos bancos de dados do Google Acadêmico (*Google Scholar*, em inglês), *ScienceDirect*, *Emerald* e *Web of Science*, através das palavras-chaves: “falhas em *poka-yokes*”, “problemas em *poka-yokes*”, “problemas em dispositivos a prova de falhas”, “*poka-yoke fail*”, “*poka-yoke issues*”, “*mistake-proofing fail*”, “*mistake-proofing issues*”, “*error-proofing fail*”,

“*error-proofing issues*”, entre outros, e não foi encontrado nada relacionado a falhas em *poka-yokes*, na literatura pesquisada, nem na bibliografia.

A presente pesquisa pretende avançar neste assunto, discutindo as falhas, as causas e como “combatê-las”, no processo de fabricação de uma empresa sistemista do estudo de caso em questão.

2.4 DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO

Nesta seção serão apresentadas definições de medição, uma breve história sobre os dispositivos de medição e seus conceitos.

2.4.1 Medição

Parasuraman, Zeithaml e Berry (1985) e Salomi, Miguel e Abackerli (2005), descrevem uma medição de qualidade do serviço como essencial, para complementar Oliver (1980), o qual afirmava que a satisfação do cliente é função da diferença entre a expectativa e o desempenho.

As mudanças na tecnologia estão demandando que mudemos o que medimos, como medimos e como usamos a medição. Essas mudanças forçaram uma reavaliação dos paradigmas relativos à medição (SINK, 1991).

Pequenas ações, como passos de um árbitro para sinalizar o local da barreira em uma cobrança de falta, em uma partida de futebol, mostram medidas de cumprimentos. O desenvolvimento de instrumentos para tal medição tornou-se constante na evolução humana (PEREIRA; DONEZE, 2018).

Atualmente, existem inúmeros instrumentos de medições (PEREIRA; DONEZE, 2018), porém, para chegar nesse ponto, civilizações antigas elaboraram unidades. Era importantíssima a busca por comparações, levando-se muitas vezes a considerar partes do corpo humano como objeto de comparação. Com o avançar dos anos, foi-se tornando imperativo estabelecer padrões, de modo a comparar instrumentos de medição com os anteriores (SOUSA, 2010).

2.4.2 Conceitos sobre medição

Segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM 2012), os dispositivos podem ser definidos em duas partes:

1. **Instrumento de medição:** Dispositivo utilizado para realizar medições, individualmente ou associado a um ou mais dispositivos suplementares;
2. **Sistema de medição:** Conjunto de um ou mais instrumentos de medição e outros dispositivos, montado e adaptado para fornecer informações destinadas à obtenção dos valores medidos, dentro de intervalos especificados para grandezas de naturezas especificadas.

2.5 CALIBRAÇÃO

A confiabilidade de uma medição depende principalmente do instrumento de medição e de sua calibração (WAGNER *et al.*, 1992; ROS, 2000).

A validade de qualquer instrumento, método ou estudo está relacionada a sua capacidade de medir ou inferir o que se foi pretendido. Sendo assim, a validade refere-se a uma adequada calibração dos instrumentos de medição ou à capacidade que os métodos ou estudos têm de gerar resultados e conclusões credíveis e adequadamente generalizáveis, para as populações ou universos em análise (HULLEY, 2007, ROTHMAN. GREENLAND; LASH, 2008).

Quando existe a necessidade de alterar o comportamento de um dispositivo, para deixá-lo com suas condições de operações conhecidas, é conhecido como calibração (LEITE, 2006).

O VIM (2012) define calibração como a operação que estabelece uma relação entre os valores e as incertezas de medição de padrões e indicações, correspondentes às incertezas associadas, utilizando essa informação para estabelecer uma relação, a fim obter um resultado de medição.

A calibração constitui uma ferramenta básica para assegurar a rastreabilidade de uma medição e é conseguida através de comparação direta com padrões (SOUSA, 2018).

A calibração de instrumentos de medição permite:

- Determinar a exatidão das leituras do instrumento;
- Garantir a consistência das leituras de um dispositivo, relacionando com outras medições;
- Obter outras propriedades metrológicas.

Periodicidade de calibração é o intervalo de tempo prescrito, ou antes do uso, em que os instrumentos de medição são submetidos à confirmação metrológica (PORTELA, 2003). O ajuste da periodicidade e sua revisão se fazem necessários, pois aperfeiçoam o equilíbrio de riscos e custos.

A calibração também se faz necessária quando ocorre alguma falha ou danos no dispositivo (PORTELA, 2003).

Chama-se certificado de calibração, o resultado de uma calibração documentado (VIM, 2012).

2.6 MAPA COGNITIVO

Os estudos sobre processos mentais superiores como a psicologia cognitiva, existem desde antes da Primeira Guerra Mundial (SALAZAR, 2013).

O mapa cognitivo (ou conceitual) é considerado um estruturador do conhecimento. Podendo ser entendido como uma representação visual utilizada para compartilhar significados (DORNELAS; DUARTE; MAGALHÃES, 2014).

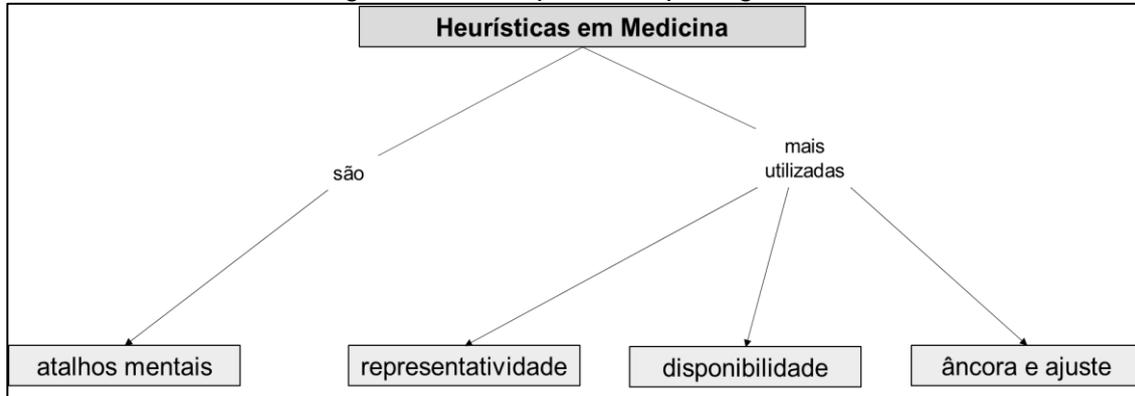
Os mapas cognitivos envolvem conceitos e relações entre conceitos, que são utilizados para compreender o seu ambiente e dar-lhe sentido (BASTOS, 2012). O mesmo autor ainda complementa, o mapa é resultado de processo, que envolve seleção, omissão, desconsideração de diferenças e organização de detalhes da realidade, de modo que a pessoa possa criar um mundo coerente, estável e organizado.

Segundo Luz (2014), para construir um mapa cognitivo se devem considerar alguns elementos básicos:

- Conceitos: Fatos, objetos e/ou qualidades (substanciais);
- Ligação: Ligação que unem dois ou mais conceitos, indicando o tipo de relação que existe entre elas;

- Proposições: Frase composta por dois ou mais conceitos unidos por uma ligação.

Figura 6 – Exemplo de mapa cognitivo.



Fonte: Adaptado de Luz (2014).

Este recurso (mapa cognitivo) é útil na pesquisa qualitativa para facilitar a visualização dos acontecimentos em torno, auxiliando na identificação das causas de falhas de *poka-yokes*.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, serão apresentadas a caracterização e os passos da pesquisa, utilizados para obtenção dos resultados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Dado os vários e diferentes tipos de pesquisas quanto a sua abordagem, sua natureza e seus procedimentos, identificou-se e classificou-se respectivamente este trabalho como: *Pesquisa aplicada; Abordagem qualitativa; Método científico estudo de caso.*

Conforme Goldenberg (1997), o método qualitativo não se preocupa com a representatividade numérica, e sim com o aprofundamento de uma organização. O mesmo autor complementa: o pesquisador qualitativo não pode julgar nem permitir que seus preconceitos e suas crenças interfiram na pesquisa. O objetivo da amostra é produzir informações de formas ilustrativas: seja ela grande ou pequena, o que importa é sua capacidade de produzir novas informações (DESLAURIERS, 1991). Nesta pesquisa, observam-se o comportamento e as atividades dos dispositivos *poka-yokes*, a fim de compreender seu funcionamento por completo.

Ribeiro e Nodari (2000) complementam dizendo que a metodologia qualitativa possui três grandes categorias no uso dos dados: Descrição; Análise; Interpretação.

- *Descrição*: Os dados consistem em observações feitas pelo pesquisador, buscando responder: “o que está acontecendo aqui?”
- *Análise*: A ideia é entender as características essenciais do sistema em estudo, tentando responder: “que comparações podem ser feitas, que padrões podem ser identificados, quais são as coisas mais significativas?”
- *Interpretação*: Tem o intuito de buscar o significado das coisas e o entendimento do contexto, para responder: “o que isso significa? Como isso se relaciona com todo o resto? O que pode ser feito disso tudo?”

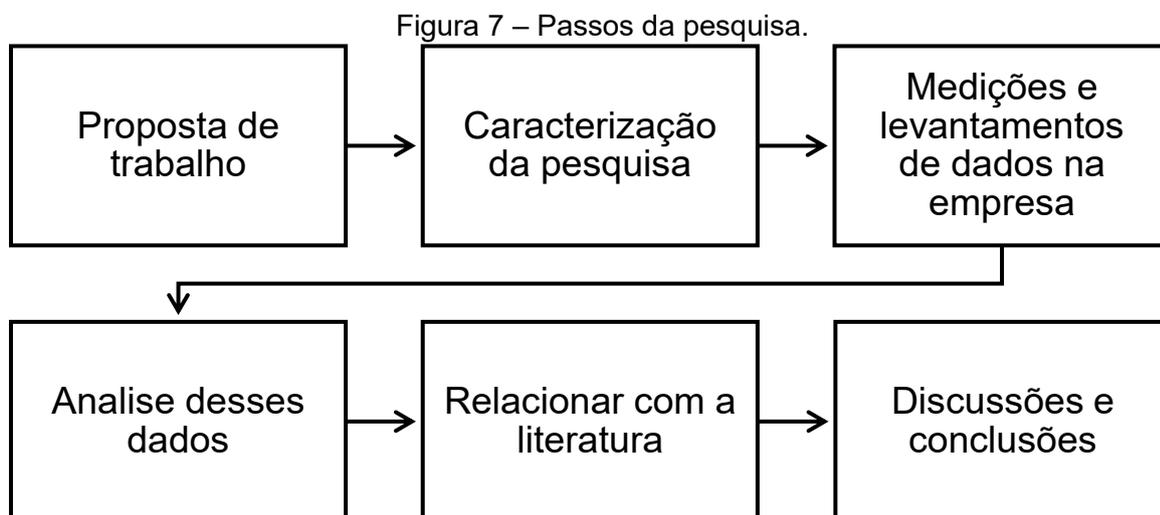
A pesquisa aplicada é justificada pela necessidade de produzir conhecimento suficiente e útil para aplicação de seus resultados, com o objetivo de contribuir para

fins práticos. Neste trabalho, englobam-se as características e as peculiaridades locais, analisando-se o objeto de estudo e suas funcionalidades (BARROS; LEHFELD, 2000).

O estudo de caso, de acordo com Fonseca (2002), pode ser caracterizado como o estudo de uma entidade bem definida, como um programa, uma instituição (uma montadora de veículos), uma pessoa, um sistema educativo ou uma unidade social. Visa conhecer como e o porquê de uma determinada situação, que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando encontrar o que há nela de mais especial e característico. Yin (1994) afirma que o estudo de caso é caracterizado por uma abordagem metodológica de investigação, com a intenção de compreender, explorar ou descrever acontecimentos complexos ou especiais, por exemplo, quando o investigador procura respostas para o “como?” e o “por quê?”. Para esta pesquisa, a questão investigada é “Por que os *poka-yokes* falham?”.

3.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

A partir da caracterização da pesquisa no subtítulo anterior, o estudo de caso segue os seguintes passos:



Fonte: Autor.

Após a caracterização da pesquisa, as medições e os levantamentos de dados foram realizados, a partir do estudo de caso na empresa sistemista. Em seguida, as informações coletadas foram descritas e analisadas, sendo, então,

interpretandas e relacionandas com a literatura, realizando-se as discussões dos resultados obtidos.

3.2.1 *Estudo de caso*

Uma empresa sistemista de componentes automobilísticos do Complexo Industrial Automotivo de Gravataí (CIAG), que se encontra no estado do Rio Grande do Sul / Brasil, foi adotada como objeto de estudo de caso. Como não houve autorização da empresa para divulgação de seu nome, nesta pesquisa, será utilizado o termo “Empresa Sistemista” para referir-se a ela.

3.2.1.1 *Complexo industrial automotivo de Gravataí (CIAG)*

O CIAG *Complexo Industrial Automotivo de Gravataí* ou *Complexo Industrial Automotivo General Motors*, local onde foi realizado este estudo, foi idealizado e implementado pela General Motors do Brasil, em julho de 2000, com a intenção de que, pela primeira vez no Brasil, a General Motors (GM) tivesse uma fábrica que optaria por sistema modular, deixando de lado a montagem peça por peça (CIAG, 2018). Conversani (2008) e Capalbo (2018) complementam dizendo que a ideia dessa planta seria a criação de um condomínio industrial, para seus principais fornecedores, conhecidos por sistemistas.

Tal sistema acarretou na conquista do melhor índice de produtividade entre as fábricas da GM no mundo, tornando-se referência para todas as unidades da corporação.

O funcionamento do CIAG tem as principais tecnologias de produção (*Lean Manufacturing*) e, através da logística *Just-in-time* (JIT) e de sistemas de garantia da qualidade, obtém como resultando melhores índices de qualidade, redução nas etapas e no tempo de produção, aumento da produtividade e, conseqüentemente, a redução no custo final do produto (veículo) (CAPALBO, 2018). O mesmo autor ainda afirma que a operação do CIAG conta com a colaboração de seus fornecedores (sistemistas) para os mais diversificados assuntos, como qualidade, logística, produção, redução de custos, entre outros.

A Figura 8 mostra a vista aérea do Complexo Industrial, onde, à direita da avenida central, está situado o parque de fornecedores e, à esquerda, encontra-se a fábrica da GM, com operações de Pintura, Montagem e Funilaria.

Figura 8 – Vista aérea do CIAG.



Fonte: Capalbo (2018).

O Complexo Industrial está instalado em uma área de 386 hectares de terreno, com 940 mil m² de área construída e 50 hectares destinados à preservação ambiental (CIAG, 2018).

A seleção pelo CIAG como local para o estudo de caso deve-se a sua extrema importância no cenário automotivo brasileiro e mundial, conforme apresentando anteriormente. O Complexo está em atividade há mais de 18 anos e tem como foco a melhoria contínua de produtos e processos através de diversos fatores, entre eles, o uso de dispositivos para a garantia da qualidade, como os *poka-yokes*.

3.2.1.2 Sistemistas

Além da fábrica da GM, existem outras dezesseis companhias integrando o condomínio industrial, conhecidas por sistemistas pelo fato do fornecimento de sistemas à montadora (CONVERSANI, 2008; CIAG, 2018). Por exemplo, a *SL Corp* (multinacional coreana) fornece os faróis, enquanto a *Goodyear* (EUA) fornece os pneus.

Os sistemistas são os considerados fornecedores *on-site* (localizados dentro do CIAG) e fornecedores *off-site* (fora do CIAG). O tipo de relacionamento, transação e gestão compartilhada com os fornecedores *on-site* é diferente dos *off-site*.

3.2.1.3 Empresa Sistemista

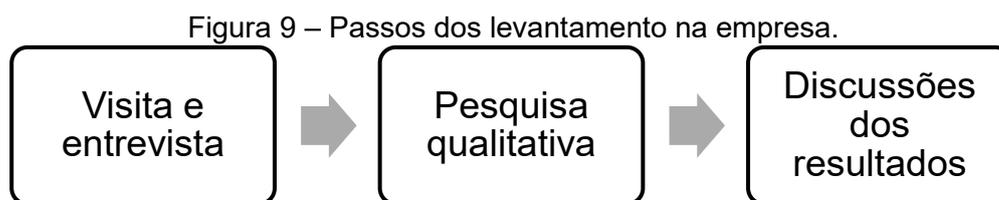
A “Empresa Sistemista” começou seu trabalho no CIAG em 2018, responsável pela fabricação de painéis completos, volantes, entre outras peças plásticas dos carros da General Motors. A empresa adquiriu a operação (unidade dentro do CIAG) de outra empresa multinacional líder no seu segmento e *benchmark* em *poka-yokes*.

A grande justificativa da escolha desta empresa sistemista para o estudo de caso deve-se ao fato de ser uma montadora multinacional em um complexo automotivo, que desenvolve e utiliza *poka-yokes* como parte fundamental do processo produtivo, sendo necessária uma montagem praticamente manual e tendo uma criticidade alta, conforme melhor explicado nos capítulos a seguir.

3.2.2 Medições e levantamentos de dados na empresa.

Os métodos para esta pesquisa serão separados em três partes: a primeira foi a visita e a realização de uma entrevista com quatro funcionários da “Empresa Sistemista”; a segunda parte é a pesquisa qualitativa (com os dados coletados na parte anterior); Por último, a análise dos resultados das duas partes anteriores, para que possa ser concluído o objetivo proposto neste trabalho.

Na figura abaixo, um simples diagrama de blocos resume o método descrito anteriormente.



3.2.2.1 Visita e entrevista

A visita na “Empresa Sistemista” tem como princípio o conhecimento de linhas de produção, linhas de montagem e dos principais *poka-yokes* utilizados na fábrica. Ainda na visita, foi realizada uma análise física dos dispositivos *poka-yokes* e foram destacadas/reconhecidas suas particularidades.

O autor da presente pesquisa, juntamente com o gerente da planta da empresa, selecionou duas operações com *poka-yokes* para o desenvolvimento deste estudo. A primeira operação é a de montagem, ela foi escolhida porque abrange dois *poka-yokes* na mesma operação. A segunda operação é a da inspeção final, selecionada devido a sua relevância ao processo e por ter um sistema de visão com mais de um *poka-yoke* na operação.

A entrevista foi realizada com quatro funcionários selecionados da “Empresa Sistemista”, sendo eles o gerente da planta – *plant manager* (Pm), um engenheiro (En), um chefe de turno (Ct) e um operador (Op) – sendo que os últimos três foram escolhidos pelo próprio *plant manager* – representando a abordagem qualitativa para este estudo de caso (GOMES; KLIEMANN NETO, 2015). Essa entrevista tem, também, o intuito de analisar a percepção de cada entrevistado sobre a utilização de *poka-yokes*, tanto na empresa quanto no contexto geral, correlacionando suas respostas com o seu grau de hierarquia na própria indústria.

A entrevista é um questionário igual para todos, com as seguintes perguntas:

- 1) Qual o histórico dos *poka-yokes* para a sua empresa?
- 2) Qual a importância desse dispositivo, em sua opinião?
- 3) Onde são usados e para quais finalidades?
- 4) Para você, quais as vantagens e desvantagens dos *poka-yokes*?
- 5) Já houve falhas em sua linha de produção?
- 6) Como foram essas falhas? E por que ocorreram as falhas?
- 7) Como vocês tratam as falhas?
- 8) Existe alguma calibração ou manutenção preventiva nos dispositivos *poka-yokes*?

Durante a realização das entrevistas, conforme as respostas dos entrevistados, surgiu um questionamento extra.

9) Como funciona a “peça coelho”?

3.2.2.2 Pesquisa Qualitativa

No final, após a coleta de dados, no estudo de caso deste trabalho, tanto nas informações adquiridas na visita, quanto nas entrevistas com os funcionários, foram realizadas as etapas da pesquisa qualitativa: descrição, análise e interpretação dos dados.

Foram descritas as informações coletadas na visita e na entrevista, logo após, analisaram-se todos os dados descritos, identificando padrões e os detalhes mais importantes, interpretando, interpretando, ou conforme Ribeiro e Nodari (2000), “captando”, por fim, aquilo que a análise dos dados diz. Essa etapa torna-se válida, pois auxilia a responder os objetivos deste trabalho.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão exibidos os resultados obtidos, seguindo os procedimentos metodológicos apresentados no capítulo anterior.

4.1 VISITA À “EMPRESA SISTEMISTA”

No dia 8 de agosto de 2019, foi realizada a visita para o estudo de caso, na “Empresa Sistemista”. Na oportunidade, quatro funcionários foram entrevistados, sendo eles:

- *Plant manager* da empresa – com mais de dezesseis anos de experiência no setor automotivo;
- Engenheiro de produção – com contribuições ao setor industrial a mais de vinte anos;
- Chefe do turno noturno – com doze anos no ramo com *poka-yokes*;
- Operador e montador da empresa – mais de seis anos exercendo essa função.

Para a obtenção dos resultados, foi necessário entrar em contato diretamente com a empresa, onde houve a recepção atenciosa do *plant manager* e do engenheiro, os quais acompanharam a visita e, após, participaram da entrevista junto com os outros funcionários.

Além das perguntas apresentadas na seção 3.2.2.1, os entrevistados também falaram um pouco sobre os *poka-yokes* escolhidos para embasamento desta pesquisa, conforme mostrado nas seções seguintes.

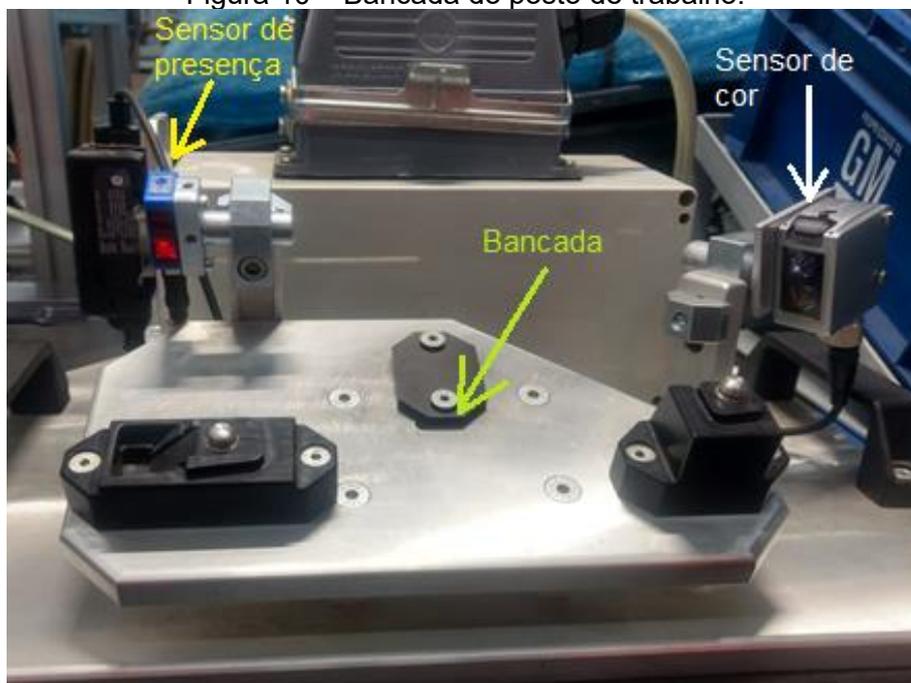
4.1.1 Principais *poka-yokes*

Conforme descrito na metodologia na seção 3.2.2.1, foram selecionadas pelo *plant manager* e pelo autor da presente pesquisa as principais operações, em sua visão, contendo *poka-yokes*, para o desenvolvimento do estudo. Estão presentes na operação de montagem e na operação da inspeção final.

4.1.1.1 Poka-yokes na operação de montagem

A empresa produz uma peça que pode ter quatro cores diferentes, algumas cores são visivelmente fáceis de identificar, porém, algumas são muito parecidas (como o Preto Injetado e o Preto Pintado). Após a peça receber sua devida cor, seja por pintura ou injeção, o produto avança para o próximo posto de trabalho, onde o operador deverá inserir um grampo plástico (chamado de “clip”) na peça, esse grampo é indispensável, pois é quem vai fixar a peça aos outros componentes, nas próximas etapas do processo. Nessa operação, encontram-se dois *poka-yokes* em conjunto.

Figura 10 – Bancada do posto de trabalho.



Fonte: Autor.

Os primeiros *poka-yokes* a serem apresentados, segundo (SHIMBUN, 1988; GOMES, 2001), tratam-se de *poka-yokes* de prevenção, pois garantem que uma peça com defeito ou indesejada não seja produzida.

O primeiro *poka-yoke* (*poka-yoke* de sensor de cor) garante que o “clip” só será montado na peça, se esta for da cor do lote que está sendo produzido no momento, impedindo que peças de cores indesejadas sejam geradas. Um sensor de cores da marca Cotrinex, ajustado para diferenciar os quatro tipos de cores através da intensidade e da tonalidade de cada cor (portanto requer um pré-ajuste), analisa a cor da peça, permitindo (ou não) a instalação do “clip” na peça.

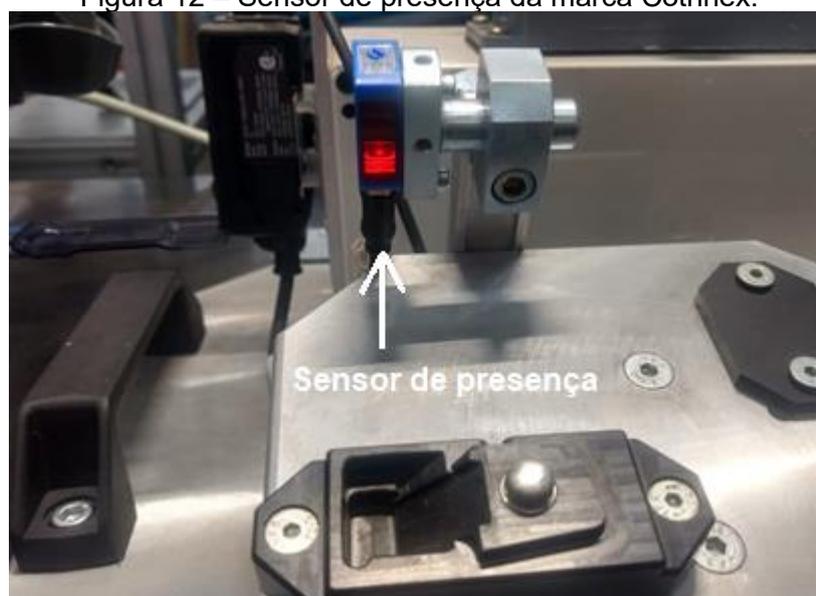
Figura 11 – Sensor de cor da marca Cotrinex.



Fonte: Autor.

O segundo *poka-yoke* (*poka-yoke* de presença) garante que a peça só seguirá seu fluxo do processo de fabricação se o operador inserir o “clip” corretamente na peça, impedindo que uma peça defeituosa seja produzida (SHIMBUN, 1988; GOMES, 2001). O funcionamento do dispositivo é um sensor de presença da marca Cotrinex, que analisa a presença do “clip” inserido (ou não) pelo operador.

Figura 12 – Sensor de presença da marca Cotrinex.



Fonte: Autor.

As principais falhas desses *poka-yokes*, de acordo com o Engenheiro da empresa, são devidas a alguma batida na bancada do dispositivo, ocasionando um desfoque dos sensores em relação à posição inicial, como mostram suas palavras: “No início, o sensor está focado em um ponto fixo para a análise da intensidade de cor, se esse foco sofrer alguma mudança, a intensidade de cor poderá mudar drasticamente, causando uma leitura ‘falsa’ da peça”. O *plant Manager* complementa: “Como o *poka-yoke* precisa ser sensível, devido às tonalidades das cores (principalmente do preto), porém, ele se torna muito sensível e acaba apresentando falhas”. Foi exemplificado para o sensor de cor, porém, os mesmos problemas ocorrem com o sensor de presença.

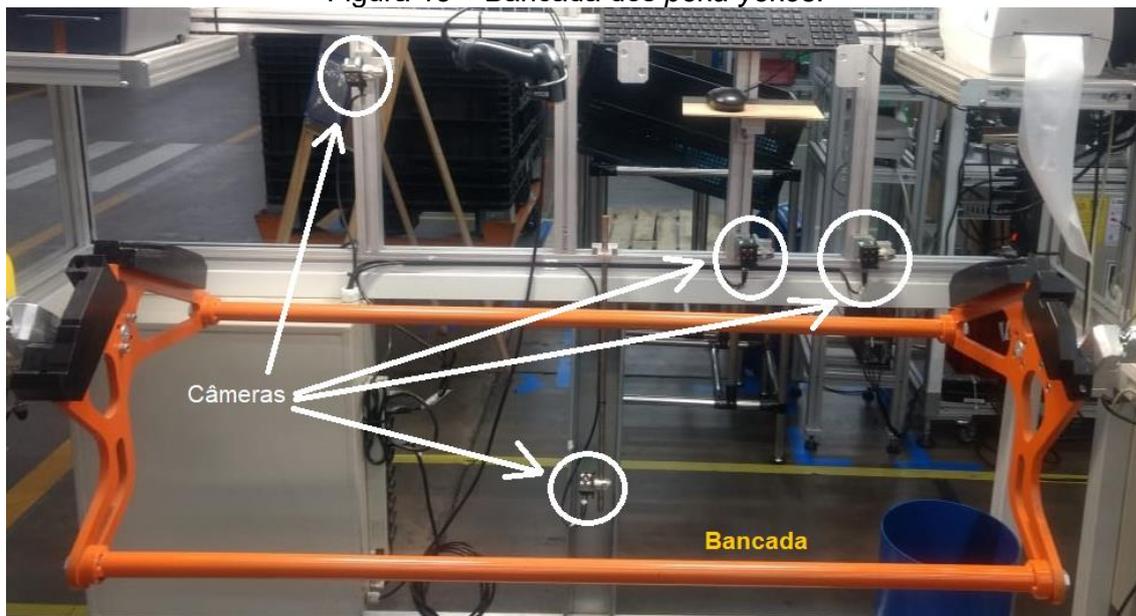
De acordo com o *plant manager* e com o engenheiro, em todo início de turno é realizado um teste de validação da funcionalidade dos dois dispositivos, porém, não foi informada a existência de uma rotina de calibração, nem práticas de manutenção preventivas.

Essa operação foi escolhida pelo fato de abranger dois *poka-yokes* na mesma atividade do operador.

4.1.1.2 *Poka-yokes da operação da inspeção final*

Após todas as etapas do processo de fabricação, a empresa realiza uma operação de inspeção final, para garantir que todas as atividades anteriores foram realizadas. Para essa operação, é utilizado um sistema de *poka-yokes*, alguns funcionários chamam de “anjo da guarda”, devido a sua relevância.

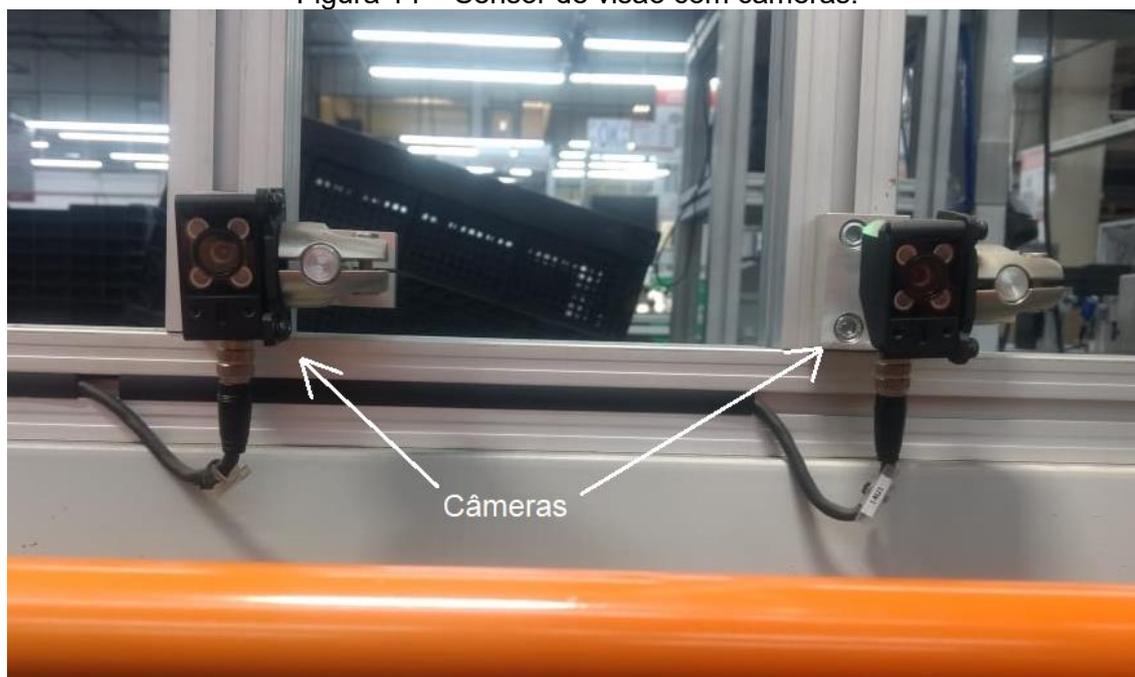
Esses *poka-yokes* são mais complexos, são um sistema de visão por câmeras para detecção da presença de diversos componentes em uma peça, por exemplo, ele pode detectar a presença de um “clip” ou pode verificar a presença de um furo e se sua dimensão está correta.

Figura 13 – Bancada dos *poka-yokes*.

Fonte: Autor.

São quatro *poka-yokes* classificados como *poka-yokes* de detecção, pois eles atuam alertando que o produto apresenta um defeito, impedindo que seja entregue uma peça defeituosa para o cliente final, mas não impedem que a peça seja produzida. Todos os dispositivos são câmeras da marca Keyence, posicionadas estrategicamente para abranger a área inteira da peça, e mais duas em espera, caso alguma apresente algum problema, esse sistema de visão é configurado e ajustado para reconhecer a presença de alguns componentes na peça final. O *software* consegue executar dois métodos, o primeiro seria comparação por forma geométrica e o segundo por intensidade luminosa, garantindo, assim, um sucesso maior.

Figura 14 – Sensor de visão com câmeras.



Fonte: Autor.

Algumas falhas apresentadas nesses *poka-yokes* são parecidas com os outros informados na seção anterior. De acordo com o engenheiro, “*normalmente as falhas são quase sempre as mesmas, ou porque alguém bateu na proteção da câmera ou ela sofreu um deslocamento ou desfoque*”, já o *plant manager* aponta outro problema do dispositivo, a diferença de iluminação e de brilho na câmera: “*O maior ponto de problema desse cara, como ele faz por comparação de fotos, ele já apresentou rejeição de peças boas, por conta de uma indiferença de iluminação, diferença de brilho ou coisa do gênero, se o operador chega com o colete (refletivo) próximo da bancada, pode gerar problema, se alguém passar com uma lanterna, com alguma coisa, ele também pode gerar problema*”.

Segundo os funcionários da empresa, esse sistema *poka-yoke*, de modo igual aos outros dois dispositivos anteriores, também tem sua funcionalidade testada em todo início de turno, e também não foi informado sobre práticas de manutenção preventiva, nem rotinas de acompanhamento de calibração.

Essa operação foi selecionada pela relevância dessa operação para o processo, conforme explicado anteriormente, ela garante que o cliente não irá receber uma peça defeituosa, por ser um sistema de visão com quatro câmeras na operação.

4.2 DESCRIÇÃO DOS DADOS

As entrevistas foram conduzidas de maneira individual, com duração entre 20 e 30 minutos, e gravadas, para sua melhor descrição. A primeira fase da entrevista segue, conforme defendem Ribeiro e Nodari (2000), apresentando a descrição dos dados coletados.

1) Qual o histórico dos *poka-yokes* na empresa?

O *Plant Manager* respondeu: *"No tempo da 'antiga empresa', propriamente dito, poka-yoke aqui era praticamente algo mandatário, se não tivesse poka-yoke, eles não conseguiriam garantir um a peça correta até o final da produção, então era muito mais complicado, porque as variações eram muito grandes, dentro da 'Empresa Sistemista', o poka-yoke vem para auxiliar, ele já vem também historicamente, quando a gente assumiu aqui em Gravataí, a gente manteve alguns poka-yokes de uso da 'antiga empresa', e a gente desenvolveu já para o novo projeto, já pra entrar com o novo projeto a 100%, porque a ideia é todas as linhas terem uma forma de eu garantir ou de tirar só da mão do operador"*.

O Engenheiro reforça: *"Desde que assumimos a empresa (que antes era a 'antiga empresa' e depois tornou-se 'Empresa Sistemista'), já possuíamos um histórico, não em todos os equipamentos, mas na maioria deles, porém com o novo projeto da GM muito mais robusto, implantamos poka-yokes em praticamente 100% das etapas do processo"*.

Já o Chefe de turno segue outro caminho: *"Pra nós, como eu tenho 12 anos de experiência, eu sempre levei como um anjo da guarda, como uma segunda segurança, dependendo do operacional, do operador e a segurança do operador não errar a montagem"*.

E o Operador complementa: *"Desde que eu entrei, já faz 6 anos, sempre teve poka-yoke, antigamente não era toda linha, antigamente na época da 'antiga empresa', tinha linha de produção, com trilhos e carrossel os poka-yokes eram na linha, na parte de fora (pré-montagem) não tinha poka-yokes, eles foram colocando com o tempo"*.

2) Qual a importância desse dispositivo, em sua opinião?

O *Plant manager*, de modo completo descreve: "A importância em evitar as falhas, evitar erros, evitar que um item, digamos assim, pequeno cause um problema para a nossa produção, a gente entrega hoje 63 das 65 peças do painel pro 'Onix', praticamente todos eles tem algum tipo de montagem, e um clip que o operador deixe de colocar na posição pode gerar pra nós uma reclamação e, gerando uma reclamação, gera todo custo de não qualidade atrelado a isso, então ele vem para nos ajudar a melhorar nossa produção e conseqüentemente reduzir os custos de não qualidade".

O Engenheiro defende o mesmo: "Na minha opinião, essa é a parte que garante que o produto está sendo entregue de forma correta, conforme a especificação do cliente, então o poka-yoke é de extrema importância para nossa empresa, porque se a gente não tem um controle adequado do nosso processo, a gente só vai detectar algum problema lá no cliente., E toda peça que, no cliente, tenha algum problema de qualidade impacta em custo, por que eu vou ter que disponibilizar pessoas para fazer um 100% em todo estoque do meu cliente, disponibilizar pessoas para fazer também um check dentro da empresa para verificar se mais nada passou, além de poder, dependendo do item crítico, afetar a segurança do meu cliente ou usuário final, então poka-yoke vem só pra agregar e acredito que todos os controles robustos têm que ter poka-yoke ou de processos ou de projeto ou mesmo sistêmico".

O Chefe do turno, de modo simples, mas também seguindo o mesmo lado: "O 100% de não ocasionar falhas ou erros, então, na minha opinião, ele é muito importante sim, porque se tu dependesses só do operador, a gente não conseguiria montar/acabar o produto com 100%, sem esquecer algum item".

E o Operador conclui, de modo direto: "Pra mim é importante, porque garante que a peça estará boa, só que ele precisa funcionar".

3) Onde são usados e para quais finalidades?

O *Plant manager* descreve: "*Temos poka-yokes em vários pontos da fábrica, a maioria está dentro das células de produção, mas também temos alguns de expedição e recebimento*".

O Engenheiro, concordando com o *plant manager*: "*Praticamente em todas as áreas da nossa empresa, desde o recebimento, detecção, até a liberação final*".

O Chefe de turno, também concordando: "*Temos muitos poka-yokes de detecção e inspeção*".

E o operador finaliza: "*Hoje, a grande maioria dos postos tem poka-yokes, praticamente quase todos aqui na fábrica, tem*".

4) Para você quais as vantagens e desvantagens dos poka-yokes?

O *Plant manager* descreve seu ponto de vista: "*Vantagens, como eu disse, são muito importantes para que a gente possa garantir qualidade, pra que possa garantir entrega correta do produto correto, a quantidade correta, isso ajuda a gente a evitar problemas e custos de não qualidade e evita problemas, muitas vezes, de fabricação, peças com defeitos. A gente poka-yokes não só de detecção, mas a gente tem poka-yokes que impedem a gente de mandar peça com defeito pra frente, por exemplo, no shutt channel (peça de extrema importância e criticidade de segurança do airbag do carro) lá no painel, o laser quando faz a fragilização, que é um item de segurança, laser terminou de fazer esse processo, ela gera um buraquinho na peça, esse buraquinho é checado na operação de solda do shutt channel. Então, se eu não tenho a peça fragilizada, eu não poderia soldar, e realmente a minha máquina impede que eu mande uma peça pra frente se ela não estiver fragilizada, não consigo soldar um shutt channel se a peça não estiver fragilizada oficialmente. Então, isso me impede inclusive de ter um item crítico, que possa gerar um recall ou até mesmo um custo maior de qualidade, um problema de mortes em campo, porque se o painel não estiver fragilizado e eu soldar um shutt channel, montar um airbag nesse cara, na hora que ele for estourar o airbag, quando tiver uma necessidade, ele não vai estourar corretamente, eu vou acabar não protegendo o usuário do carro*".

como eu deveria. e então, o poka-yoke, a grande vantagem é garantir que esse tipo de coisa não vai acontecer, pelo menos nos impede muito os custos de não qualidade e os riscos inclusive pra vida do usuário final. Desvantagens, algumas vezes a questão de custo pra implementação, porque nem sempre é uma coisa barata pra se implementar, especialmente quando não nasce já no processo, quando a gente tem posteriormente ao processo já rodando, isso é caro, e às vezes ele impacta no tempo do operador, então, o tempo de produção pode ser impactado devido ao poka-yoke, então, ele pode causar alguns custos que, no final do dia, são compreensíveis porque a gente consegue reduzir muito de custo de não qualidade, embora isso não seja completamente mensurável, mas ele traz um benefício de redução de possíveis custos”.

O Engenheiro, de modo mais resumido, segue o mesmo ponto: *“Como eu comentei anteriormente, a vantagem é a garantia da qualidade do produto, garantir que contenha a presença ou a especificação que o meu cliente definiu, então, a presença de peça, se tem a peça correta, entre outros. E a desvantagem do poka-yoke é que ele ocupa tempo, tudo que é poka-yoke ele tira o tempo do teu processo, então ele afeta na produtividade, só que não adianta a gente ter produtividade e não ter a qualidade, então, hoje a gente trabalha muito com esses dois parâmetros, a gente tem a qualidade (garantir essa qualidade) e tem que garantir a produtividade. A gente sabe que, para garantir a qualidade, a gente tem que perder um pouco de tempo, que é um tempo que não é agregado, se for avaliar por tempo de máquina mesmo, o tempo de operação seria muito menos se não tivesse a parte das detecções, por isso é o que leva o tempo e acaba não agregando diretamente no produto, mas indiretamente ele agrega muito mais do que eu ter um problema de qualidade no fornecedor”.*

Já o Chefe de turno diz: *“As vantagens é que ele te garante 100% na montagem sem tu esquecer nada (um item no caso). As desvantagens, eu não vejo desvantagens, no caso, eu só acho vantagens, porque se ele estiver desativado a gente não vai conseguir o 100% do produto”.*

E o operador, seguindo o ponto de vista do Engenheiro e do *plant manager*, conclui: *"A desvantagem que eu acho é ter que chamar a liderança, às vezes, temos metas e, às vezes, com o tempo apertado para bater as metas, daí, se para, tu tens que chamar a liderança para poder liberar, ou, às vezes, também, por exemplo, quando tu fecha ali e ele leva alguns segundos para ele liberar pra depois, tipo, ele acaba demorando o teu processo, mas acaba funcionando."*

5) Já houve falhas em sua linha de produção?

Todos entrevistados disseram a mesma resposta.

O *Plant manager*: *"Já, acontecem eventualmente, mas acontecem"*.

O Engenheiro: *"Sim, normalmente no início da produção"*.

O Chefe de turno: *"Já"*.

E o Operador: *"Já, geralmente quando o poka-yoke é novo"*.

6) Como foram essas falhas? E por que ocorreram as falhas?

O *Plant manager* respondeu: *"Muitas vezes é um sensor que não funciona ou os poka-yokes novos, eles não aprovam uma peça 'ok', algumas falhas nesse sentido assim podem ser por uma questão da falha do sensor, eventualmente o sensor falha, se o sensor falhar, ele pode dizer que uma peça defeituosa está boa, pra isso nós temos a 'peça coelho', que no início de cada turno a gente faz uma checagem"*.

Seguindo o mesmo ponto e complementando, o Engenheiro diz: *"Todo início de turno, a funcionalidade do poka-yoke é testada através da 'peça coelho' e, nesses testes, ocorrem falhas, podem ocorrer porque alguém esbarrou na bancada e acabou desfocando o sensor, ou até mesmo por falha do próprio sensor, como, por exemplo, o poka-yoke da inspeção final, alguma câmera possa apresentar problemas"*.

O Chefe de turno defende: *"As falhas foram no sistema do próprio poka-yoke"*.

E o Operador, concordando com o *plant manager*, diz: "A peça 'ok' ele diz que está 'não ok', essas falhas assim podem acontecer quando o sensor estraga".

7) Como vocês tratam as falhas?

Essa questão praticamente teve a mesma resposta de todos os entrevistados.

Para o *Plant manager*: "O leader precisa ser chamado, a gente não consegue continuar produzindo sem a presença dele. Então é identificada a falha e a manutenção ou processo, são chamados para checar e corrigir a falha. Dependendo da falha, após a correção o dispositivo entra em 'quarentena', tendo um acompanhamento para garantir que voltou a sua condição original".

O engenheiro responde: "Ao apresentar uma falha o operador deve chamar o leader (chefe do turno) e parar o processo, então o leader verifica a ação e chama a manutenção para resolver, depois de resolvido, este item vai para a reunião, onde serão verificadas as recorrências e se necessária uma reavaliação do poka-yoke".

O Chefe de turno, de modo direto e simples responde: "A gente pede ajuda da manutenção, em primeiro lugar, e, se necessário, temos o suporte de TI".

E o Operador, também direto, concordou com todos: "É passado para a manutenção, nós da produção chamamos o leader, e a manutenção resolve".

8) Existe alguma calibração ou manutenção preventiva dos dispositivos poka-yokes?

O *Plant manager* diz: "Todos os poka-yokes deveriam estar contemplados em um cronograma de manutenção preventiva sim, porque são itens-chave dentro da fábrica, levam em consideração uma série de problemas ou melhorias, e vantagens e desvantagens que a gente já conversou, eles devem estar dentro de um cronograma de manutenção preventiva".

Já o Engenheiro, responde: "*Sim, o checklist é elaborado pela manutenção, mas normalmente não são todos os dispositivos poka-yokes que têm*".

O Chefe de turno, seguindo a mesma visão do *plant manager*: "*Acho importante que tenha, mas não tenho certeza se tem ou não*".

Já o Operador conclui: "*Essa parte é com a gerência*".

9) Como funciona a “peça coelho”?

O *Plant manager* explica do seguinte modo: "*É uma peça onde a gente simula a falha, uma peça que fica bem identificada para o operador e ela simula a falha ou algumas falhas (depende da ‘peça coelho’), para verificar se o sensor e o dispositivo estão fazendo o seu papel*".

O Engenheiro complementa o que já foi dito: "*É uma peça de referência para validar se o poka-yoke está funcionando. Existem dois métodos, o primeiro é uma peça perfeita, para testar se o poka-yoke aprova a peça, e o segundo é uma peça defeituosa, onde testa se o dispositivo irá reprovar a peça*".

O Chefe de turno descreve: "*Foi uma ideia que foi muito interessante. Antes de iniciar a primeira peça da produção, testamos o poka-yoke, com uma peça 100% e a peça faltando componentes*".

E o Operador, diretamente, responde: "*Nós usamos a ‘peça coelho’, para saber se está tudo funcionando, antes de começar a produção*".

O quadro a seguir representa as respostas dos entrevistados de modo resumido.

Quadro 1 – Respostas dos entrevistados em relação as questões da entrevista.

	<i>Plant Manager</i>	<i>Engenheiro</i>	<i>Chefe de turno</i>	<i>Operador</i>
1) Qual o histórico dos poka-yokes para a sua empresa?	Historicamente a empresa (“Antiga Empresa”) já possuía <i>poka-yokes</i> , porém para o novo projeto da GM, a empresa	Em grande maioria dos equipamentos já eram utilizados (época da “Antiga Empresa”) <i>poka-yokes</i> ,	A confiança que o <i>poka-yoke</i> passa na questão da garantia da qualidade, protegendo para o operador não	Antigamente (época da “Antiga Empresa”) não tinha em toda linha e foram colocando com o tempo.

	adequou-se para 100%.	porém foram implantados <i>poka-yokes</i> em praticamente 100% do processo.	errar na montagem.	
2) Qual a importância desse dispositivo em sua opinião?	A importância em evitar falhas, erros, possíveis reclamações futuras e gastos de não qualidade.	A importância na garantia da qualidade, evitando problemas financeiros ou até mesmo de segurança do cliente final (caso de ser um item crítico).	A importância de não depender apenas do ser humano (operador), evitando falhas.	Se o <i>poka-yoke</i> não apresentar falhas, ele se torna importante pois garante a produção de uma peça boa.
3) Onde são usados e para quais finalidades?	Vários pontos da fábrica, inclusive na expedição e recebimento de materiais.	Praticamente todas as áreas da empresa, desde o recebimento até a liberação final.	Tem muitos <i>poka-yokes</i> de detecção e inspeção.	Praticamente todos os postos possuem <i>poka-yokes</i> .
4) Para você, quais as vantagens e desvantagens dos <i>poka-yokes</i>?	Vantagens na garantia de qualidade impedindo que produza peças defeituosas, vantagens financeiras, pois não haverá retrabalho ou gastos por não qualidade, e principalmente vantagens de segurança, caso produza uma peça de alta criticidade, evitando riscos para a vida do cliente. Desvantagem é o custo da implementação, porém esse custo é compreensível pelas muitas	Vantagem é a garantia da qualidade. Desvantagens no gasto de tempo, pois o operador leva alguns segundos para usar o <i>poka-yoke</i> afetando a produtividade, porém não adianta ter somente produtividade e não ter qualidade.	A vantagem na garantia da qualidade, garantindo 100% na montagem. Não vejo desvantagens.	A desvantagem na perda da produtividade, pois perde-se tempo na produção.

	vantagens já informadas.			
5) Já houve falhas em sua linha de produção?	Já, acontecem eventualmente, mas acontecem.	Sim, normalmente no início da produção.	Já	Já, geralmente quando o <i>poka-yoke</i> é novo.
6) Como foram essas falhas? E por que ocorreram as falhas?	Falhas nos sensores, não aprovando peças boas.	Ocorrem nos testes da “peça coelho”	Falhas no sistema do <i>poka-yoke</i> .	Aprova peças com defeitos e rejeitam peças boas.
7) Como vocês tratam as falhas?	O <i>leader</i> (chefe de turno) precisa ser chamado, dependendo da falha é chamada a equipe de manutenção, dependendo da falha o <i>poka-yoke</i> , deve ficar em quarentena, tendo acompanhamento	O <i>leader</i> (chefe de turno) deve ser chamado, após verificar, dependendo da falha é chamada a equipe da manutenção. Após o <i>poka-yoke</i> é reavaliado.	Pede-se a ajuda da manutenção em primeiro lugar.	O <i>leader</i> (chefe de turno) é chamado e é passado para a equipe de manutenção.
8) Existe alguma calibração ou manutenção preventiva dos dispositivos <i>poka-yokes</i>?	Deveriam estar contemplados em um plano de manutenção preventiva.	Não são todos os <i>poka-yokes</i> que possuem.	Não tem certeza.	Não tem acesso.
9) Como funciona a “peça coelho”?	Peça que simula a falha ou falhas (depende do <i>poka-yoke</i>), para verificar se o dispositivo está exercendo sua função corretamente.	Peça para validar se o <i>poka-yoke</i> está funcionando. 2 métodos de teste, uma com peça perfeita e outro com defeituosa.	Peça para testar o <i>poka-yoke</i> . É realizado sempre antes de começar a produção de cada turno.	Peça para saber (testar) se o <i>poka-yoke</i> está funcionando. É realizado sempre antes de começar a produção de cada turno.

Fonte: Autor.

4.3 ANÁLISE DE DADOS

Seguindo o método adotado, a próxima etapa da pesquisa qualitativa é a análise dos dados descritos anteriormente.

As fases de uma pesquisa qualitativa, especialmente a descrição e a análise, podem ser muito parecidas e até mesmo confundidas (RIBEIRO; NODARI, 2000).

O quadro 2, apresenta as percepções dos entrevistados, representados por suas siglas (*Plant manager* – Pm; Engenheiro – En; Chefe de turno – Ct; Operário – Op), sobre algumas questões importantes que lhe foram perguntadas, a partir das respostas de cada um deles. Foi marcado um “x” quando o participante falou sobre o tema descrito ao lado. As respostas foram consolidadas e codificadas as para permitir a análise dos dados.

Quadro 2 – Percepções dos entrevistados sobre os poka-yokes.

	Pm	En	Ct	Op
Vantagens na garantia da qualidade	x	x	x	X
Vantagens de segurança	x			
Vantagens financeiras	x			
Desvantagens produtivas	x	x		X
Desvantagens por custo	x			
Falhas	x	x	x	x

Fonte: Autor.

O quadro 3 é uma adaptação da escala de Likert (SULLIVAN; ARTINO, 2013), com classificação de 1 a 5 (onde 1 representa mínima importância e 5 representa muita importância), ou seja, a importância que cada entrevistado atribuiu ao assunto em questão.

Quadro 3 – Escala de importância.

	Pm	En	Ct	Op
Importância dos <i>poka-yokes</i>	4	5	5	4
Importância da calibração	3	2	2	1
Importância da "peça coelho"	3	3	4	3

Fonte: Autor.

É importante salientar que os dois quadros anteriores podem ser considerados como a parte quantitativa da pesquisa mesmo ela tendo caráter qualitativo.

No quadro a seguir, são apresentadas as análises de alguns tópicos importantes da entrevista e da visita na “Empresa Sistemista”.

Quadro 4 – Análise de alguns tópicos da entrevista.

Tópico	Análise
Histórico na empresa	Pode-se analisar a evolução dos dispositivos na empresa até alcançar todas as etapas de produção.
Importância do <i>poka-yoke</i>	Analisando, é possível notar a importância direta e indireta para a garantia da qualidade que um <i>poka-yoke</i> tem ao executar sua função corretamente.
Vantagens e desvantagens	A principal vantagem se concretiza na garantia da qualidade decorrente dos <i>poka-yokes</i> , apesar das desvantagens de alto custo de implementação e perda de produtividade, ainda se torna vantajoso para a empresa investir nesses dispositivos mantendo a qualidade do processo.
Causas das falhas em <i>poka-yokes</i>	Tanto na visita quanto na entrevista, foi possível notar que os <i>poka-yokes</i> falham por motivos relacionados a ações externas (batidas) ou calibração, ocasionando a aprovação de peças defeituosas ou a reprovação de peça “boas”.
Como tratam essas falhas	Conforme o quadro 1, identifica-se que essa etapa é totalmente procedimentada (padronizada), todos os operadores, ao encontrar um problema, são orientados chamarem seu <i>leader</i> (chefe do turno), e estes são responsáveis por chamar o setor da manutenção, caso não consigam resolver. Após ser resolvido, a engenharia faz um acompanhamento do dispositivo.
“Peça coelho”	É uma peça cuja principal função é testar a funcionalidade do dispositivo <i>poka-yoke</i> , através de um ou mais defeitos da operação em questão. Por exemplo, no <i>poka-yoke</i> de sensor de cor, uma “peça coelho” é um componente de cor diferente. Quando o operador testar essa peça “diferente”, o <i>poka-yoke</i> deve atuar, alertando que o componente não deve ser aprovado.
Calibração ou manutenção preventiva	De acordo com os funcionários, nem todos os <i>poka-yokes</i> possuem planos de manutenção preventiva planejada, nem calibração, o que acaba ocasionando algumas falhas nos <i>poka-yokes</i> , em função de sua falta.

Fonte: Autor.

4.4 INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Para Ribeiro e Nodari (2000), a interpretação de uma entrevista tem a ideia de buscar o significado e o entendimento do contexto. A partir dessa ideia, parte-se da informação do engenheiro da empresa sobre a implementação dos *poka-yokes*,

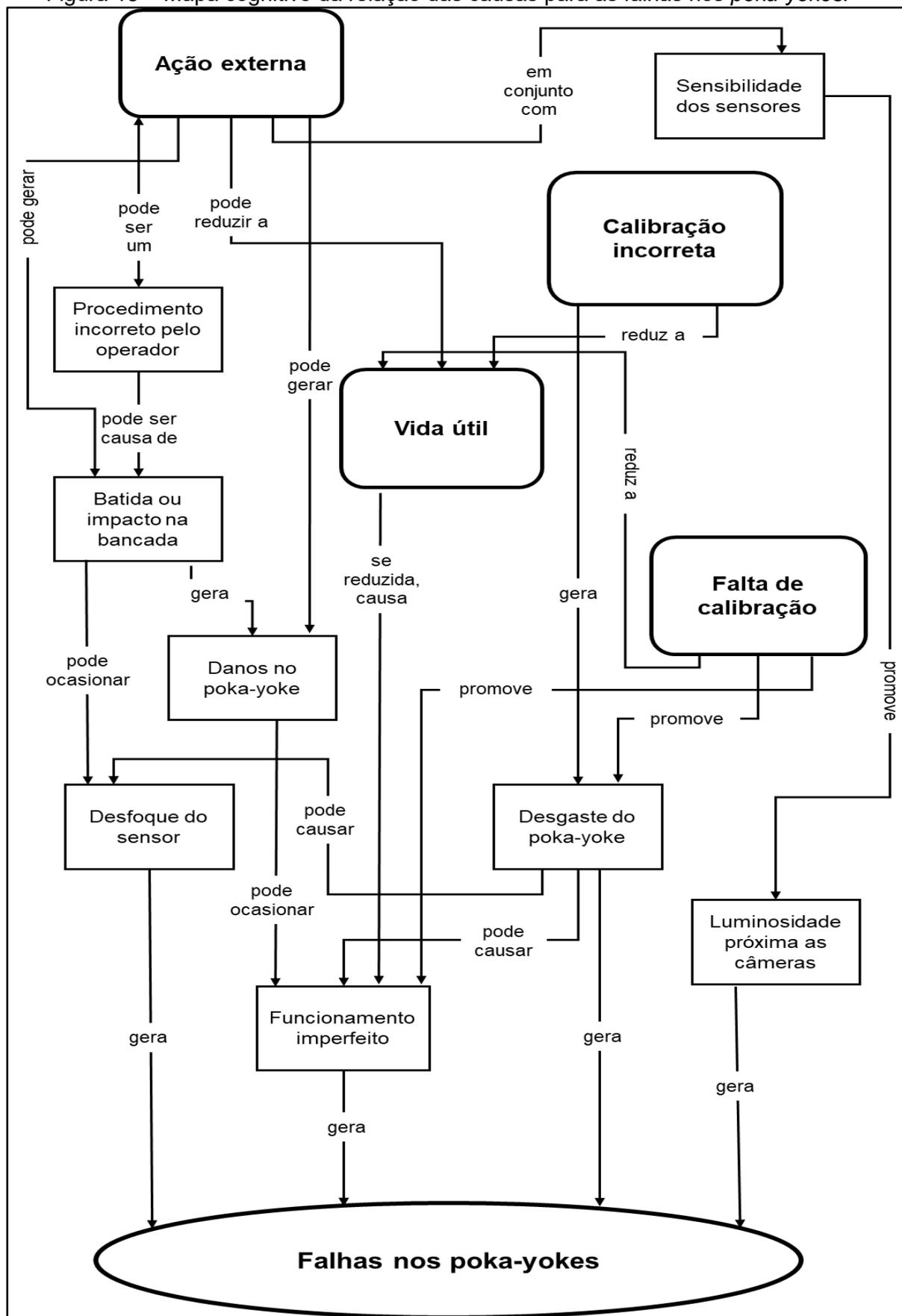
onde a primeira etapa é a análise de qual o melhor tipo para a situação em si (por sensor, sistema de visão, mecânico, etc.). A próxima parte é a cotação e a compra do produto, depois se realiza a programação e a instalação do dispositivo, o qual ainda é listado em uma lista de mestre (onde se encontram todos os *poka-yokes* presentes na planta), para finalmente ser liberado para uso. O dispositivo precisa ser validado, através de uma análise de repetibilidade e reprodutibilidade, etapa na qual são criadas as “peças coelho” necessárias e, também, são feitos os procedimentos com treinamentos e orientações para os operadores.

Na seção anterior, discutiu-se a importância das informações sobre o procedimento da “peça coelho” para os entrevistados, logo, é essencial salientar, também, a importância de os operadores seguirem o procedimento de uso dessa peça, . É uma peça de verificação da funcionalidade do *poka-yoke*, caso o operador não realize o processo como foi planejado, pode acarretar em “esconder” uma falha do dispositivo. Durante as entrevistas, foi mencionado pelo operador, na questão 5, que as falhas normalmente ocorrem quando o *poka-yoke* é novo, o que se justifica, pois o operador ainda não dominou o procedimento do dispositivo recém liberado.

De acordo com o Quadro 2, apresentado anteriormente, nota-se uma incidência maior do *Plant manager* (marcado com x em todos os quesitos), apontando uma centralização do gerente sobre o envolvimento e a disseminação do que envolve a importância dos *poka-yokes*.

Percebem-se, a partir da pesquisa, causas, motivos e acontecimentos que levam a uma falha nos *poka-yokes*. Foi então construído um mapa cognitivo no intuito de melhor visualizar as relações, conforme Gomes e Kliemann Neto (2015). A figura a seguir mostra o mapa cognitivo:

Figura 15 – Mapa cognitivo da relação das causas para as falhas nos *poka-yokes*.



Fonte: Autor.

Segundo Gomes e Kliemann Neto (2015), em um mapa cognitivo, as principais causas são associadas ao maior número de saídas, logo, é possível notar que as falhas derivam de quatro origens:

- Ação externa: qualquer influência de um ser humano ou um evento inesperado no processo, que ocasione uma falha no dispositivo (por exemplo, uma batida na bancada pelo operador ou o cabo de uma máquina);
- Calibração incorreta: ocorre quando a calibração do dispositivo não segue o procedimento correto (por exemplo, calibrar uma câmera para uma cor “diferente” da que precisa ser ajustada);
- Falta de calibração: ocorre quando o dispositivo não realiza a operação da calibração no *poka-yoke*;
- Vida útil: Ocorre quando o dispositivo ou algum componente falham (por exemplo, um componente eletrônico deixa de funcionar, comprometendo o dispositivo *poka-yoke*).

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na interpretação dos dados na seção 4.1.4, é mostrado o processo de implementação dos *poka-yokes* na empresa, percebe-se que, além da criação do dispositivo, ainda é gerada a “peça coelho” e também são organizados os treinamentos e orientações para todos os operadores. Conforme dizem Rabelo, Bresciani Filho e Oliveira (1995), treinamentos nas empresas incidem no resultado de programas de melhoria da qualidade, fazendo com que diminua possíveis problemas de operação incorreta.

Uma constatação que pode ser identificada é a existência de uma proporcionalidade entre a criticidade do produto, o tamanho da empresa e a geração de melhorias (através de *poka-yokes*). Quanto mais crítico o item a ser produzido, mais detalhado será o *poka-yoke* inserido na linha de produção. Por exemplo, a operação da inspeção final, onde foram instaladas quatro câmeras e ainda possuindo mais duas em espera, caso alguma apresente defeito, confirmando que é um dispositivo mais planejado, conforme comprovam Tsou e Chen (2005) e Dudek-Burlikowska e Szewieczek (2009).

Também nota-se que quanto mais detalhado o *poka-yoke*, mais suscetível a falhas ele estará, como, por exemplo, o *poka-yoke* da inspeção final, que é um dispositivo sensível à luz, e um colete reflexivo pode vir a ocasionar uma leitura errada das câmeras, conforme explicou o *Plant manager*: *“Esse poka-yoke vem para nos garantir todo o processo, esse é um, digamos assim, esse é um bem mais completo e complexo, por que precisa garantir que todas as etapas anteriores foram realizadas, por isso uma indiferença de iluminação, diferença de brilho ou coisa do gênero (se o operador chega com o colete na volta ou passar com uma lanterna) pode gerar problema”*. Devido ao *poka-yoke* falhar, inevitavelmente, em algum momento, podem ser realizados testes de acompanhamento para validar a funcionalidade do dispositivo, o qual algumas empresas chamam de “peça coelho”.

O não cumprimento correto do procedimento para usar a “peça coelho” na validação da funcionalidade do dispositivo *poka-yoke* pode acarretar em “esconder” um *poka-yoke* com falhas, permitindo assim que peças defeituosas sigam o processo produtivo ou sejam enviadas para o cliente.

Apesar dos dispositivos *poka-yokes* falharem, não significa necessariamente que o produto será defeituoso, pois depende do tipo e confecção de cada *poka-yoke*. Por exemplo, no sensor de presença, que capta se o operador insere o “clip”, se o *poka-yoke* parar de funcionar, ele apenas não impedirá o erro, mas o produto poderá continuar sendo produzido de forma correta. Já nos *poka-yokes* da inspeção final, o dispositivo defeituoso poderá acusar uma peça correta que está defeituosa ou vice-versa. Portanto, ratifica-se que o *poka-yoke* é um dispositivo apenas para garantir que o produto será feito da maneira correta, neutralizando o erro ou detectando o defeito, sendo que o seu não funcionamento correto (falhas) não necessariamente tem relação direta com o produto gerado defeituoso, confrontando as ideias de Chao, Beiter e Ishii (2001) e Grout (2007), que o simplifica como dispositivo de detecção que controla defeitos.

Confirmando o que Gomes (2001) defende, os *poka-yokes* “verdadeiros” e mais eficazes são os de prevenção, pois evitam que uma peça defeituosa seja gerada e siga o fluxo do processo produtivo, enquanto os de detecção apenas sinalizam os defeitos na peça depois de ser processada na operação, para que não siga adiante no processo. Portanto, classificam-se os *poka-yokes* analisados nesta pesquisa da seguinte forma:

- *Poka-yoke* de sensor de cor como *poka-yoke* de prevenção, pois o operador só conseguirá realizar a instalação do “clip” se o componente for da cor certa, impedido a produção de uma peça indesejada, conforme Posajek (1999);
- *Poka-yoke* de sensor de presença como *poka-yoke* de prevenção, pois garante que a peça será gerada, se, e somente se, o dispositivo detectar a presença do “clip” de forma correta, impedindo a geração de peças defeituosas, segundo Nikkan (1988) e Plonka (1997);
- Sistema *poka-yoke* da inspeção final como *poka-yokes* de detecção, pois eles não impedem que uma peça com defeito seja criada, mas detectam um defeito na peça e impedem que ela seja enviada ao cliente, de acordo com Shimbun (1988) e Shingo (1996).

Conforme a interpretação dos dados na seção anterior apresentou, para os *poka-yokes* do estudo de caso apresentado, as falhas provem de quatro causas:

ação externa, calibração incorreta, falta de calibração ou vida útil, esse assunto não é apontado na literatura pesquisada. O quadro a seguir apresenta na primeira e na segunda coluna os dispositivos *poka-yokes* com suas respectivas falhas. Na terceira coluna, os tipos de falhas, que, conforme o TQC – Controle da Qualidade Total, podem ser a causa primária da geração das falhas, como defendido por Campos (1992). Na última coluna, as causas das falhas, segundo o TQC, a causa raiz (CAMPOS, 1992).

Observou-se que podem haver casos em que *poka-yokes* com tecnologia embarcada com eletrônica, tendem a ter vida útil de componentes que podem se deteriorar ou ficarem inoperantes gerando a falha nos *poka-yoke*, e conforme Martorelli (2004) defende, rotinas de calibração melhoram o ciclo de vida do dispositivo.

É importante informar que, para outros tipos de *poka-yokes* ou em uma indústria diferente, podem existir outras falhas em *poka-yokes* e, conseqüentemente, outras causas de falhas.

Quadro 5 – Falhas e causas nos *poka-yokes* analisados.

Poka-yoke	Falhas	Modo de falhas	Causa das falhas
Poka-yoke sensor de cor	Não detecta a cor;	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa
		Sensibilidade dos sensores;	Ação externa
			Vida útil
		Procedimento incorreto pelo operador;	Ação externa
			Calibração Incorreta
		Desgaste do poka-yoke;	Calibração Incorreta
			Falta de calibração
	Vida útil		
	Problemas e danos no dispositivo.	Calibração Incorreta	
		Falta de calibração	
		Vida útil	
	Detecta a cor incorreta.	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa
			Sensibilidade dos sensores;
Vida útil			
Procedimento incorreto pelo operador;			Ação externa
			Calibração Incorreta
Desgaste do poka-yoke;			Calibração Incorreta
			Falta de calibração
		Vida útil	
Problemas e danos no dispositivo.		Calibração Incorreta	
		Falta de calibração	
		Vida útil	

Poka-yoke sensor de presença	Não detecta a presença do "clip";	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa
		Sensibilidade dos sensores;	Ação externa
			Vida útil
		Procedimento incorreto pelo operador;	Ação externa
			Calibração Incorreta
	Desgaste do poka-yoke;	Calibração Incorreta	
		Falta de calibração	
		Vida útil	
	Problemas e danos no dispositivo.	Calibração Incorreta	
		Falta de calibração	
		Vida útil	
	Detecta a instalação do "clip" de forma incorreta;	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa
		Sensibilidade dos sensores;	Ação externa
			Vida útil
		Procedimento incorreto pelo operador;	Ação externa
Calibração Incorreta			
Desgaste do poka-yoke;	Calibração Incorreta		
	Falta de calibração		
	Vida útil		
Problemas e danos no dispositivo.	Calibração Incorreta		
	Falta de calibração		
	Vida útil		
Detecta a presença de um "clip" inexistente.	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa	
	Sensibilidade dos sensores;	Ação externa	
		Vida útil	
	Procedimento incorreto pelo operador;	Ação externa	
		Calibração Incorreta	
Desgaste do poka-yoke;	Calibração Incorreta		
	Falta de calibração		
	Vida útil		
Problemas e danos no dispositivo.	Calibração Incorreta		
	Falta de calibração		
	Vida útil		
Sistema poka-yokes da inspeção final	Não detecta algum defeito presente;	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa
		Sensibilidade dos sensores;	Ação externa
			Vida útil
		Procedimento incorreto pelo operador;	Ação externa
			Calibração Incorreta
	Desgaste do poka-yoke;	Calibração Incorreta	
		Falta de calibração	
		Vida útil	
	Problemas e danos no dispositivo.	Calibração Incorreta	
		Falta de calibração	
		Vida útil	
	Detecta um defeito inexistente na peça.	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa
		Sensibilidade dos sensores;	Ação externa
			Vida útil
		Procedimento incorreto pelo operador;	Ação externa
Calibração Incorreta			
Desgaste do poka-yoke;	Calibração Incorreta		
	Falta de calibração		
	Vida útil		
Problemas e danos no dispositivo.	Calibração Incorreta		
	Falta de calibração		
	Vida útil		

Fonte: Autor.

Falhas referentes à calibração incorreta e à sua falta podem ser minimizadas com a utilização de planos de manutenção e acompanhamento da calibração dos *poka-yokes* (LEITE, 2006; VIM, 2012; SOUSA 2018), pois a calibração deixa o dispositivo em sua condição de operação original. Contradizendo a atual situação da empresa, conforme escala de Likert apresentada anteriormente, mesmo os entrevistados informando a importância da calibração para os *poka-yokes*, não a realizam em todos os dispositivos.

Revisitando a seção anterior, sobre a interpretação dos dados, e a partir da literatura, é respondida uma das perguntas-problema desta pesquisa: Por que os *poka-yokes* falham? A resposta a essa pergunta vem do fato de que os *poka-yokes* são na sua essência dispositivos de medição, confirmando o que diz Gomes (2001), que já apontava o dispositivo de *poka-yoke* como sistema de medição em sua essência, devendo, portanto, ser tratado como tal, sendo testado, validado e calibrado com periodicidade definida, conforme o VIM (2012).

6 CONCLUSÕES

De acordo com os objetivos do presente trabalho, de analisar as falhas em dispositivos *poka-yokes* e suas causas durante o processo de fabricação de componentes automotivos de uma empresa sistemista, bem como de propor contramedidas para evitar as falhas, conclui-se que foram atendidos e são mostrados a partir dos objetivos específicos.

O primeiro objetivo específico deste trabalho, o de analisar os dispositivos *poka-yokes* a partir do critério de seleção do *Plant manager*, que optou pela operação de montagem abrangendo dois dispositivos *poka-yokes* na mesma atividade do operador, e pela operação da inspeção final, devido a sua relevância ao processo, foi atingido ao evidenciar a natureza dos *poka-yokes*, seu funcionamento e sua diversidade tipológica. Em essência, *poka-yokes* são uma espécie de dispositivos que neutralizam falhas nos processos (originando defeitos), ou detectam defeitos, mas suas falhas não necessariamente significam que o produto será defeituoso.

Em seguida, quanto ao segundo objetivo, referente à análise das entrevistas através das etapas da pesquisa qualitativa dos dados coletados, concluiu-se que as já referidas entrevistas mostraram as falhas nos *poka-yokes*, os procedimentos da empresa e a importância de alguns conceitos para os participantes, conforme mostrado a seguir.

O terceiro e último objetivo específico desta pesquisa, o de mensurar os principais problemas ou falhas e sua consequente discussão, referente aos *poka-yokes*, ocorreu através da interpretação dos dados coletados na empresa citada, conforme a visualização facilitada pelo mapa cognitivo adotado. Após essa etapa, apresentou-se a discussão dos resultados. Assim, durante a entrevista e a visita à empresa, foram coletados os dados, por meio de um questionário apresentado aos funcionários, resultando a decorrente análise dos *poka-yokes*. Os *poka-yokes* do sensor de cor e os do sensor de presença classificam-se como *poka-yokes* de prevenção, e o sistema de quatro *poka-yokes* da inspeção final rotulam-se como *poka-yokes* de detecção. Após, foram realizados os passos seguintes da pesquisa qualitativa empreendida: descrição, análise e interpretação dos dados. Resultaram,

através desses passos, as quatro causas de falhas: a ação externa, a calibração incorreta, a falta de calibração e a vida útil.

Todos os *poka-yokes* necessitam de práticas periódicas de calibração, podendo ter, desse modo, sua frequência adequada, o que não ocorreu na empresa estudada, exceto pela validação do *poka-yoke* com a peça “coelho”. O controle do *poka-yoke* através da “peça-coelho” depende exclusivamente da disciplina do operador, ressaltando-se o desenvolvimento e o envolvimento das pessoas, no sentido de melhorar o dispositivo.

Dessa maneira, conclui-se que *poka-yokes* são, em sua essência, dispositivos de medição e, por isso, estão suscetíveis a falhar por ações de desgaste natural, desfoque e outros tipos de falhas decorrentes de ações externas ou efeitos da falta de calibração ou calibração incorreta. Para o estudo de caso em questão, os *poka-yokes* devem ser tratados como tal, sendo testados, validados e calibrados com periodicidade definida. Além de esses resultados estarem adequados ao caso apresentado, podem, também, contribuir para a literatura, devido à possibilidade das mesmas falhas e causas ocorrerem em outras empresas.

Para evitar que os dispositivos *poka-yokes* venham a apresentar algum defeito, serão apresentadas algumas contramedidas para serem utilizadas na empresa:

- Instalar um “contador” no *poka-yoke*, que desativará seu funcionamento quando o número de testes programados pela manutenção for atingido, “obrigando” o teste de validação;
- Durante a implementação do *poka-yoke*, além de criar a “peça coelho”, devem preparar um roteiro de calibração ou inserir nos planos de manutenção preventiva.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Desde a construção deste trabalho de dissertação até seu final, identificaram-se algumas sugestões para a sua continuidade, apontadas a seguir:

- Análise das falhas nos outros *poka-yokes* da empresa;
- Análise das falhas em *poka-yokes* de outras empresas de componentes automotivos;
- Análise das falhas em *poka-yokes* em empresas de ramos de atividades diferentes;
- Comparação das falhas analisadas entre empresas de mesmo ramo de atividades ou de atividades diferentes;
- Análise das falhas em *poka-yokes* virtuais (sistemas ERP – Planejamento dos recursos da empresa);
- Criação de um *framework* para entendimento dos modos de falhas em *poka-yokes*;
- Utilização do FMEA – Análise de Modos de Falha e seus Efeitos – para análise dos modos e dos efeitos de falhas em *poka-yokes*.

8 REFERÊNCIAS

Neste capítulo, são apresentadas as referências utilizadas nesta pesquisa e seus gráficos.

8.1 REFERÊNCIA NOMINAIS

ANTONIO, N. S; TEIXEIRA, A. **Gestão da qualidade** – De deming ao modelo de excelência da EFQM. Lisboa, Edições Sílabo. 2009.

BARRETO, E. G. L.; SANTOS, R. D. L. S.; SILVA, L. B.; GOMES, M. D. L. B.; MENEZES, V. L. Aplicação do método Servqual na avaliação da satisfação de clientes de uma academia de ginástica. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa: UTFPR, v. 8, n. 3, p. 91-108, 2012.

BARROS, A. J. S; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de metodologia científica: um guia para iniciação científica**. 2. Ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

BASTOS, A. V. B. Mapas cognitivos e a pesquisa organizacional: explorando aspectos metodológicos. **Estud. Psicol. (Natal)**, Natal, v. 7, n. spe, p. 64-77, 2002.

BENDELL, T; PENSON, R., CARR, S. The quality gurus – their approaches described and considered. **Managing Service Quality**, v.5, n.6, p.44-48, 1995.

BUTZGE, C; SILVA, M. F; BURIN, H. P; SILVA, A. L. E; DIESEL, L. Aplicação de ferramentas da qualidade em publicações do ENEGEP entre os anos de 2012 e 2017: um estudo bibliométrico. **XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**. Maceió, Alagoas, Brasil, out, 2018.

CALARGE, F. A; DAVANSO, J. C. Conceito de dispositivos à prova de erros utilizados na meta do zero defeito em processos de manufatura. **Revista de Ciência & Tecnologia** – v.11. n.21, p.7-18. 2004.

CAMPOS, V. F. **Controle da qualidade total**. Fundação Cristiano Ottoni Bloch Editores, Rio de Janeiro, 1992.

CAPALBO, S. **Proposta de um processo de avaliação e melhoria do nível de competitividade em um complexo industrial automotivo**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 120 p., 2018.

CHAO, L. P; BEITER, K; ISHII, K. **Design process error-proofing**: International Industry Survey and Research Roadmap, Proceedings of the ASME DETC: DFM, Pittsburgh, PA. 2001.

CIAG – Complexo industrial automotivo de Gravataí. **Histórico**. Disponível em <http://www.ciag.com.br/index.php>. Acesso em: 21 jun. 2018.

CONNOR, G. Poka-yoke: Human-proof your process. **Journal of Industrial Maintenance and Plant Operations**, p.12-14, jun. 2006.

CONVERSANI, A. **O desafio de integrar diferentes culturas organizacionais: o caso do Complexo Industrial Automotivo de Gravataí (RS)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 108 p., 2008.

COUTINHO, F. M. J; AQUINO, J. T. Os 5s Como Diferencial Competitivo Para o Sistema de Gestão da Qualidade: Estudo de Caso de Uma Empresa de Aços Longos. **GESTÃO.Org – Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 13, n. 2, p. 176-186, 2015.

DALE, B; BUNNEY, H. **Total quality management blueprint**. Reino Unido, Blackwell Publishers, Ltd. 1999.

DEMING, W. E. **Qualidade**: a revolução da administração. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DESLAURIERS, J-P. **Recherche qualitative**: guide pratique. Québec (Ca): McGrawHill, Éditeurs, 1991.

DORNELAS, L. F; DUARTE, N. M. C; MAGALHÃES, L. C. Atraso de desenvolvimento neuropsicomotor: mapa conceitual, definições, usos e limitações do termo. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 33, p. 88-103, mar, 2015.

DUDEK-BURLIKOWSKA, M.; SZEWIECZEK, D. The poka-yoke method as an improving quality tool of operations in the process. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**, v. 36, n. 1, p. 95-102, September. 2009.

EVANS, J; DEAN, J. **Total quality**: Management, organization and strategy. Canada, South-Western College Publishing. 2000.

FILHO L. D. R. M. & CHENG L. C. QFD na garantia da qualidade do produto durante seu desenvolvimento - caso em uma empresa de materiais. **Produção** 17: 604-624. 2007.

FONSECA, J.J.S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, Apostila, 2002.

GANHÃO, F. N; PEREIRA, A. **A Gestão da Qualidade** – como implementá-la na empresa. Lisboa, Editorial Presença. 1992.

GARRIDO, J. C. F. **Como a metodologia LEAN contribui para a melhoria dos indicadores de gestão logísticos internos**. Instituto Politécnico de Setúbal. Escola Superior de Ciências Empresariais. Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ciências Empresariais - Ramo de Gestão Logística. Jan. 2017. <http://hdl.handle.net/10400.26/17911>.

GHINATO, P. Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. **Produção**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 169-189, dez. 1995.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção**: mais do que simplesmente just-in-time. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

GHINATO, P. Quality control methods: toward modern approaches through well established principles. **Total Quality Management Journal**, v.9, n.6, 1998.

GOBIS, M. A; CAMPANATTI R. Os Benefícios da aplicação de ferramentas de gestão de qualidade dentro das indústrias do setor alimentício. (Ourinhos/SP). **Revista Hórus**, 6(1), 26-39. Disponível em: <http://docplayer.com.br/1139953-Os-beneficios-da-aplicacao-de-ferramentas-de-gestao-de-qualidade-dentro-das-industrias-do-setor-alimenticio.html>. Jan-Mar 2012.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1997.

GOMES, L. C. **Avaliação da contribuição das técnicas do sistema Toyota de produção para os objetivos estratégicos das empresas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 132 p., 2001.

GOMES, L. C; KLIEMANN NETO, F. J. Métodos colaborativos na gestão de cadeias de suprimentos: Desafios de implementação. **Rev. Adm. Empres.**, São Paulo, v. 55, n. 5, p. 563-577, Out. 2015. Acesso em 04 Jun. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-759020150508>.

GOMES, L. C. O papel das pessoas na excelência e melhoria contínua nas empresas: uma revisão histórico-crítica. *In*: MEISTER, J. A. F (Org.); SILVA, A. M. G. S (Org.). **Século XXI**: o humano como centro da gestão. Porto Alegre: Conceito, p. 201-242, 2016.

GROUT, J. **Mistake-proofing the design of the health care processes**. Rockville, AHRQ, 2007.

HINCKLEY, C. M. Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry. **General Paper**, Springer-Verlag, v.12 p.223-230, march, 2007.

HULLEY, S. B. **Designing clinical research**. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.

IMAM. **Poka Yoke** – métodos à prova de falhas. São Paulo: Instituto IMAM, 1998.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total à maneira Japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

JURAN, J. M. **Quality control handbook**. 3 ed. New York, McGraw-Hill, 1974

KUMAR, S; LUTHRA, S; HALLEM, A; GARG, D. Qualitative analysis of driver of poka-yoke in small and medium enterprises of Indian automobile sector. **International Journal of Process Management and Benchmarking**, v. 9, n. 2, p. 232-248, 2019.

LEITE, F. N. **Calibração de dispositivos a cores utilizando uma câmera digital**. Dissertação de Mestrado, Publicação: 286^a/06, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, DF, 61p. 2006.

LUZ, V. L. Mapas conceptuales para favorecer el aprendizaje significativo em ciencias de la salud. **Investigación em Educación Médica**, v. 3, p. 220-223, 2014.

MARTORELLI, S. **Novas tecnologias em manutenção, manutenção em transformadores**, In: Boletim Técnico, SM Controle de Qualidade Ltda, Recife, PE, 2004.

MCGEE, D. Lean and six sigma: A holistic approach to process improvement. In.: **ASQ- AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY CONGRESS, PROCEEDINGS**. Denver, USA, nov. 2005.

MEDEIROS, F; SANTOS, S; DENARDIM, E; ABBADE, E. A qualidade dos produtos e serviços em licitações do tipo menor preço: Um estudo em uma câmara de vereadores do Rio Grande do Sul. **REGE Revista De Gestão**, 21(4), 469-486. Disponível em <http://www.periodicos.usp.br/rege/article/view/99955>. 2014.

MIDDLETON, P. Lean software development: two case studies. **Software Quality Journal**, v.9, p. 241-252, 2001.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de produção**: Uma abordagem integrada ao Just-in-time. Bookman Editora, 2015.

MUHARAM, M; LATIF, M. Design of poka-yoke system based on fuzzy neural network for Rotary-machinery monitoring. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 602, Pandang, Indonesia, 2019.

NIKKAN. K.S. **Poka-yoke**: Improving product quality by preventing defects. Porland: Productivity Press, 1988.

NOGUEIRA, L. J. M. **Melhoria da qualidade através de sistemas poka-yoke**. Tese de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto. 2010.

OLIVER, R. L. A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions, **Journal of Marketing Research**, v. 17, n. 4, November, p. 460-69, 1980.

PARASURAMAN, A; ZEITHAML V. A; BERRY L. L. A conceptual model of services quality and its implication for future research, **Journal of Marketing**, v. 49, n. 4, p. 41-50, 1985.

PEREIRA, F. F; DONEZE, I. S. Medindo distâncias a partir de instrumentos não convencionais: uma abordagem extraclasse para o Ensino Fundamental. **Revista Thema**, v. 15, n. 2, p. 768-779, ISSN 2177-2894, 2018.

PFEFFER, N; COOTE, A. **Is quality good for you?** A critical review of quality assurance in welfare services. London: Institute of public Policy Research. 1991.

PHAN, A. C; ABDALLAH, A. B; MATSUI, Y. Quality management practices and competitive performance: Empirical evidence from Japanese manufacturing companies. **Elsevier**. ISSN 0925-5273. 2011.

PIRES, A. R. **Qualidade, sistemas de gestão da qualidade**. Lisboa, Edições Sílabo. 2007.

PLONKA, F. E. Developing a lean and agile work force. **Journal of Human Factors and Ergonomics in Manufacturing**, v.7, n.1, p.11-27, 1997.

POSAJEK, R. B. Poka-yoke and zero waste. *Environ. Quality Management*. 2: 91-97. 1999.

PORTELA, W. **Ajuste da frequência de calibração de instrumentos de processo** – foco na indústria farmacêutica, In *Metrologia 2003 – Metrologia para a Vida*, Recife, 2003.

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva** – Técnicas para a Análise da Indústria e da Concorrência. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

RABELO, F. M; BRESCIANI FILHO, E; OLIVEIRA, C. A. B. Treinamento e gestão da qualidade. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 13-19, maio/jun. 1995.

RAJPATTY, S. **Integrating TQM methods with corporate strategy**: A source of sustainable competitive advantage. Doctoral, Sheffield Hallam University (United Kingdom). <http://shura.shu.ac.uk/information.html>. 2011.

RIBEIRO, J. L. D; NODARI, C. T. Tratamento de Dados Qualitativos: Técnicas e Aplicações. **FEENG**, Porto Alegre, 2000.

ROS, R. A. **Metodologia de controle de qualidade de equipamentos de raios X (nível diagnóstico) utilizados em calibração de instrumentos** [dissertação]. São Paulo, SP: IPEN/USP; 2000.

ROTHMAN, K. J; GREENLAND, S; LASH, T. L. **Modern epidemiology**. 3rd ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2008.

SALAZAR, P. H. El fenómeno usuarios de la informacion desde um enfoque cognitivo. **Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información**, v. 27, p 107-131, 2013.

SALOMI, G. G. E; MIGUEL, P. A. C; ABACKERLI, A. J. SERVQUAL x SERVPERF: comparação entre instrumentos para avaliação da qualidade de serviços internos. **Gestão & Produção**, v.12, n.2, p.279-293, 2005.

SANTOS, D. F.; SANTOS, G. M. A. Plano de envolvimento dos recursos humanos na gestão da qualidade: estudo de caso no setor calçadista. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 4, n. 5, Edição Especial, p. 1942-1954. ISSN 2525-8761, ago. 2018.

SHIMBUN, N. K. **Poka-yoke**: Improving product quality by preventing defects. Portland, MA: Productivity Press. Título Original: Pokayoke dai zukan. 1988.

SHINGO, S. **Zero quality control**: Source inspection and the poka-yoke system. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1996.

SILVA, A. T. C; GOHR, C. F; SANTOS, L. C. A produção enxuta sob a perspectiva da visão baseada em recursos: um estudo em uma organização do setor calçadista. **Gest. Prod.**, São Carlos, v.26, n. 2, e2480, 2019.

SINK, D. S. The role of measurement in achieving world class quality and productivity management. **Industrial Engineering**, n.6, p.23 - 28, June 1991.

SMRC – Samvardhana Motherson Reydel Companies. **Brand Story**. Disponível em <http://www.smrc-automotive.com>. Acesso em 28 de Ago. 2019.

SOUSA, A. C. G. **Estudo de aplicabilidade da câmara climática de duas pressões em calibrações de instrumentos de medição de humidade R relativa**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 137p. 2018.

SOUSA, C. **Metrologia notas históricas**, Catim, p. 35, 2010.

SULLIVAN, G. M; ARTINO, A. R. Analyzing and Interpreting Data From Likert-Type Scales. **Journal of Graduate Medical Education**. Vol. 5, No. 4, p. 541-542. Dez 2013.

TASCIN, J. C; MARANGONI, S. C. Custos da produção agroindustrial: uma breve revisão bibliográfica. **XIII SIMPEP**, Bauru, SP, Brasil, nov. 2006.

TELLES, L. B; BITTENCOURT, J. V. M; PITTA, C. S. R. Gestão da Qualidade em laticínios: um panorama das micro e pequenas empresas da região Sudoeste do Paraná. **Espacios**. Vol. 35 (Nº 9). Pág. 8. 2014.

TOLEDO, J. C; BATALHA, M. O; AMARAL, D. C. Qualidade na indústria agroalimentar: situação atual e perspectivas. **Ver. Adm. Empres.**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 90-101, June, 2000.

TOLENTINO, R. S. S; FILHO, C. G; TOLENTINO, R. J. V; MONTEIRO, P. R. R. Avaliação da qualidade na educação a distância sob a perspectiva do aluno:

Proposição e teste de um modelo usando equações estruturais. **REGE Revista de Gestão**. v. 20, n. 3, p. 347-366, jul./set. 2013.

TSOU, J. C; CHEN, J. M. Dynamic model for a defective production system with Poka-Yoke. **Journal of the Operational Research Society**. 56:799-803. 2005.

VIM – **Vocabulário Internacional de Metrologia** – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados. Instituto Nacional de Metrologia. Duque de Caxias: INMETRO. 2012.

VINOD, M; DEVADASAN, S. R; SUNIL, D. T; THILAK, V. M. M; MURUGESH, R. POYSS: a model for integrating Poka-Yoke technique with Six Sigma concept. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 22, n. 2, p. 223-242, 2017.

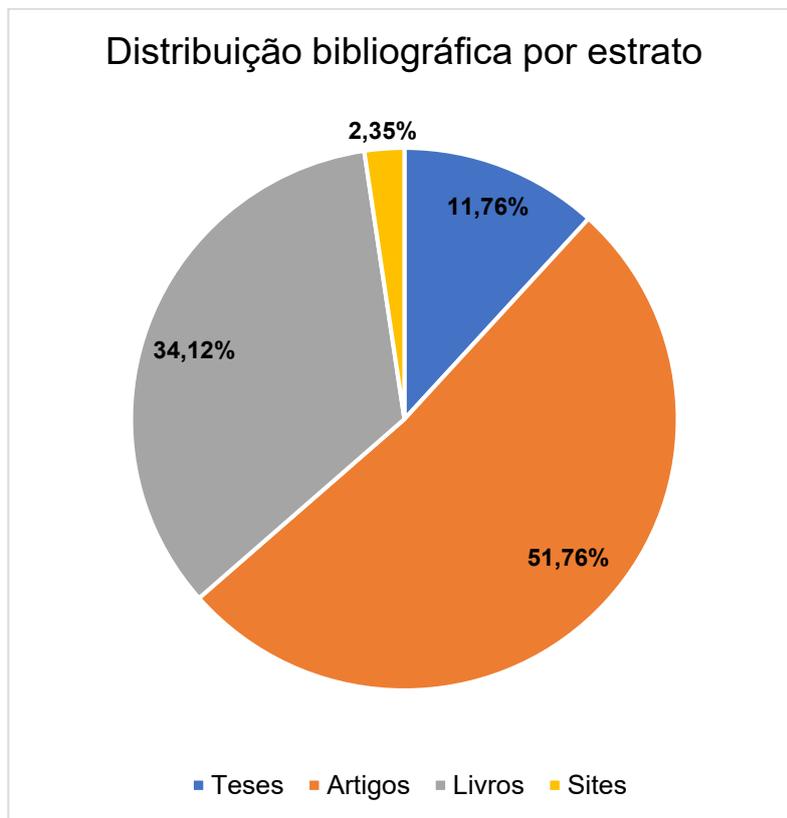
WAGNER, L. K; FONTENLA, D. P; KIMME-SMITH, C; ROTHENBERG, L. N; SHEPARD, J; BOONE, J. M. **Recommendations on performance characteristics of diagnostic exposure meters**: Report of AAPM Diagnostic XRay Imaging Task Group No. 6. *Med. Phys.*, v. 19, n. 1, p. 231-241, 1992.

YAACOB, Z. Quality management as an effective strategy of cost savings. **African Journal Business Management** 4: p. 1844-1855. 2010.

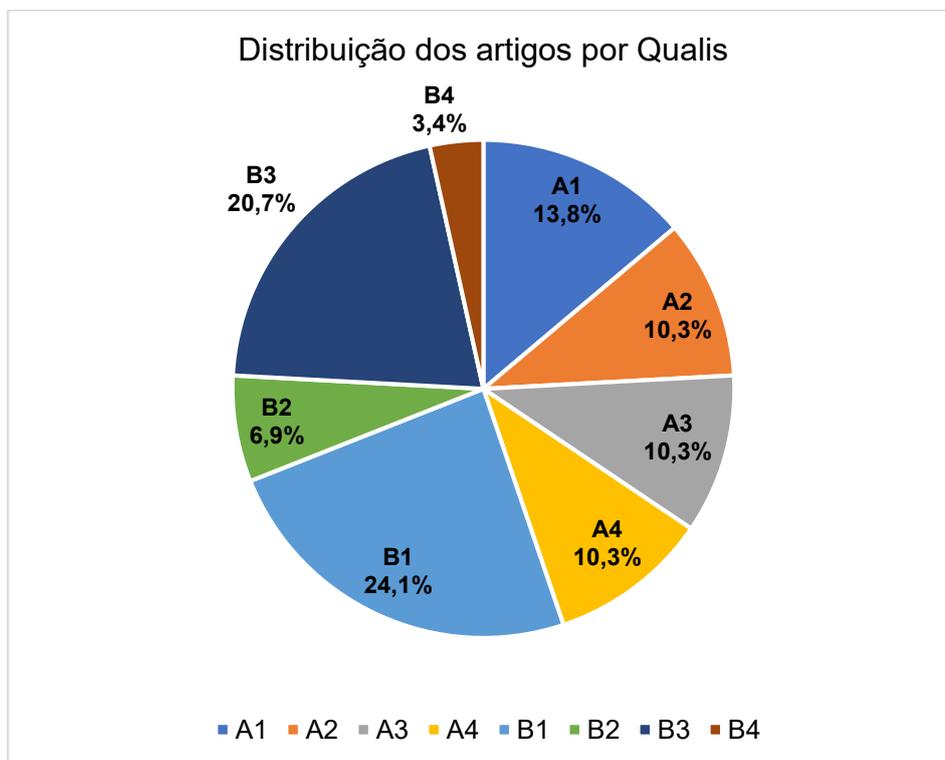
YIN, R. K. **Case Study Research**: Design and Methods, 2nd ed., Sage Publications Inc, Thousand Oaks, CA. 1994.

ZEITHAML, V. A. Consumer Perception of Price, Quality and Value: a means-end model and synthesis of evidence. **Journal of Marketing**, [S.l.], v. 52, n. 3, p. 2-22, July 1998.

8.2 REFERÊNCIAS POR ESTRATO



8.3 REFERÊNCIAS POR QUALIS



8.4 REFERÊNCIAS POR DATA DOS ARTIGOS

