



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DE CURITIBA
DEPARTAMENTO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
E DE MATERIAIS - PPGEM

POLYANA PATRÍCIA SOARES FIGUEIREDO

PROPOSTA DE CONJUNTO DE MECANISMOS PARA
ENDEREÇAR POKA-YOKE'S DURANTE O PROCESSO
DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

CURITIBA

FEVEREIRO - 2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

POLYANA PATRÍCIA SOARES FIGUEIREDO

**PROPOSTA DE CONJUNTO DE MECANISMOS PARA
ENDEREÇAR POKA-YOKE´S DURANTE O PROCESSO
DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Área de Concentração em Engenharia de Manufatura, do Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, do Campus de Curitiba, da UTFPR.

Orientador: Prof. Carlos Cziulik, Ph. D.

CURITIBA

FEVEREIRO - 2010

TERMO DE APROVAÇÃO

POLYANA PATRÍCIA SOARES FIGUEIREDO

PROPOSTA DE CONJUNTO DE MECANISMOS PARA ENDEREÇAR POKA-YOKE´S DURANTE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Esta Dissertação foi julgada para a obtenção do título de mestre em engenharia, área de concentração em Engenharia de Manufatura, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais.

Prof. Giuseppe Pintaúde, Ph.D.
Coordenador de Curso

Banca Examinadora

Prof. Flávio José Aguiar Soares
Dr. Eng. (IFAM)

Prof. Carla Cristina Amodio Estorilio,
Dra. Eng.(UTFPR)

Prof. Prof. Carlos Cziulik, Ph.D.
(UTFPR)

Curitiba, 19 de fevereiro de 2010

DEDICATÓRIA

A Deus razão da minha vida e aos meus pais Tarcizo e Socorro que representam o meu maior amor, símbolo de luta, persistência e paciência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Deus, meu Paizinho, sempre presente em todos os momentos da minha vida seja de bonança, desertos, tempestade.

À minha família, meus alicerces: meu pai (Tarcizo), minha mãe (Socorro) pelo amor e incentivos em todos os momentos.

Ao Sr. Nilson Feitoza por ter acreditado e viabilizado o início deste longo caminho.

Ao meu orientador, Prof. Ph.D. Carlos Cziulik, pela orientação e direcionamento na vida acadêmica e profissional sempre com muita competência, paciência e ética. Agradeço pela amizade, presteza e pela disposição em ouvir e ajudar.

Aos meus colegas de Mestrado, em especial ao Adison de Jesus dos Santos, pela amizade, incentivos, cuidados, cumplicidade e aprendizado. Considero a sua amizade um presente de Deus.

Ao corpo docente do Minter e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais da UTFPR que contribuiu para meu crescimento pessoal e que eu pudesse vislumbrar novos conhecimentos no campo de desenvolvimento de produto.

A todos os profissionais que se dispuseram em responder os questionamentos levantados nesta investigação.

Este trabalho foi desenvolvido no programa de Mestrado Interinstitucional – MINTER entre a UTFPR e o IFAM, que recebeu financiamento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – através do projeto ACAM 1379/2006 e da Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA – através do convênio 084/2005.

O autor deste trabalho foi bolsista do PROGRAMA RH-INTERINSTITUCIONAL da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM – no ano de 2009.

Nossos sinceros agradecimentos pelo apoio recebido.

“Quando os nossos dias se tornarem obscurecidos por nuvens negras e baixas, quando as nossas noites forem mais negras do que mil noites. Lembremo-nos, que no universo a um grande e benigno poder, que e capaz de abrir caminho onde não há caminho, e de transformar o ontem sombrio num luminoso amanhã.”

Martin Luther King

Figueiredo, Polyana Patrícia Soares, **PROPOSTA DE CONJUNTO DE MECANISMOS PARA ENDEREÇAR *POKA-YOKE'S* DURANTE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**, 2010, Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 85 p.

RESUMO

O aumento da concorrência a nível mundial e a globalização da economia têm provocado mudanças significativas no setor de desenvolvimento de produtos com objetivo de otimizar o lançamento de novos produtos. Essas mudanças relacionam-se com a constante busca por maior flexibilidade e qualidade, além da redução de custos e otimização da curva de comprometimento do custo do produto. Desta forma, observou-se a oportunidade de introduzir mecanismos durante o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) para prevenir a ocorrência de defeitos e assim, reduzir custos. A sistemática japonesa, denominada *poka-yoke* (que em japonês significa dispositivos à prova de falhas), se propõe à identificação e eliminação de falhas. Todavia, a sua implementação normalmente ocorre de forma reativa e *ad hoc* (ou seja, quando os problemas são detectados em fases posteriores). Assim, esta dissertação tem por objetivo apresentar um conjunto estruturado de mecanismos que permita a adequada alocação de *poka-yokes* aos produtos (quer no seu uso ou na sua manufatura), durante a etapa de desenvolvimento de seus projetos. Também, examina e sugere em que momento do PDP aplicar o conjunto de mecanismos proposto. Inicialmente, será abordado o que a literatura traz sobre o tema, e a seguir como estes conhecimentos podem ser utilizados na prática. A investigação é baseada em referenciais teóricos e no mapeamento de *poka-yokes* em produtos correntes, o que permitiu a estruturação de um banco de dados preliminar. O uso conjunto de mecanismos proposto é baseado na consulta a diagramas e no preenchimento de matrizes, cujo resultado indica a adequação do uso de *poka-yokes* para o produto em desenvolvimento. Uma aplicação ilustrativa descreve o emprego da abordagem proposta, sinalizando a sua potencial utilidade durante o PDP.

Palavras-chave: *Poka-yoke*, PDP, identificação de defeitos.

Figueiredo, Polyana Patrícia Soares, **PROPOSTA DE CONJUNTO DE MECANISMOS PARA ENDEREÇAR *POKA-YOKE'S* DURANTE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**, 2010, Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 85.

ABSTRACT

Increased global competition and economic globalization have brought about significant changes in the sector of product development with the aim of optimizing the launching of new products. These changes are related to the constant search for greater flexibility and quality, besides reducing costs and improving the final product cost. Thus, an opportunity to introduce means during the Process of Product Development (PDP) to prevent the occurrence of defects and thus reduce costs has been identified. The Japanese approach called *poka-yoke* (which in Japanese means devices fail-safe), proposes the identification and elimination of those defects. However, its implementation usually occurs in a reactive and *ad hoc* (in other words, when problems are detected at later stages). Thus, this dissertation aims to present a structured set of mechanisms to allow appropriate allocation of *poka-yokes* in products (whether in use or in manufacturing) during the development phase of their projects. The research is based on theoretical and mapping of *poka-yokes* in current products, which allow the structuring of an initial database. The joint use of the proposed tool is based on consultation with diagrams and filling arrays, the result indicates the use of *poka-yokes* for product development. An illustrative application describes the use of the proposed approach, indicating its potential usefulness for the PDP.

Keywords: *Poka-yoke*, PDP, Defects' identification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Exemplo da utilização prática de <i>poka-yoke</i>	17
Figura 1.2 – Fluxograma da abordagem metodológica ¹	20
Figura 1.3 – Estrutura do Trabalho.....	23
Figura 2.1 – Processo de Desenvolvimento do Produto, de acordo com uma referência alemã, etapa de projeto.....	26
Figura 2.2 – Processo de desenvolvimento do produto, de acordo com uma referência brasileira.....	27
Figura 2.3 - Principais saídas do projeto conceitual.	28
Figura 2.4 – Projeto Conceitual de acordo com o Modelo Referencial.....	28
Figura 2.5 - Informações sobre as atividades da fase de Projeto Conceitual.....	29
Figura 2.6 - Desdobramento da função global	30
Figura 2.7 - Principais resultados nas fases do PDP.....	31
Figura 2.8 – Desmembramento de sistemas <i>poka-yoke</i>	36
Figura 2.9 – Exemplos de ausência <i>poka-yoke</i>	37
Figura 2.10 - Esquema de classificação dos sistemas <i>poka-yoke</i>	38
Figura 2.11 - Exemplo de <i>poka-yoke</i> de conjunto.	41
Figura 2.12 – Disquete 3.5” não pode ser colocado na posição incorreta.....	42
Figura 2.13 – Distinção de <i>poka-yoke</i> de processo por características	46
Figura 2.14 - Exemplo de <i>poka-yoke</i> - bancada de testes de inspeção 100%.....	47
Figura 4.1 – Alocação da ferramenta no processo de desenvolvimento de produto.	52
Figura 4.2 - Estrutura da proposta de integração.....	53
Figura 4.3 – <i>Leiaute</i> da Ferramenta PYPF (Ferramenta de Avaliação do potencial de alocação de <i>poka-yoke</i> na interface do projeto conceitual e detalhado).	55

Figura 4.4 – Fluxo de utilização da Ferramenta (Ferramenta de Avaliação do potencial de alocação de <i>poka-yoke</i> na interface do projeto conceitual e detalhado).	56
Figura 4.5 – Estrutura das funções para lavar roupas.....	60
Figura 4.6 – Produto utilizado para aplicação descritiva da ferramenta.	60
Figura 4.7 – Exemplo da consulta do banco de dados.....	61
Figura 4.8.- Resultado da utilização da ferramenta	62
Figura 5.1 – Estrutura das funções para transporte motorizado de pessoas em duas rodas	66
Figura 5.2 – Concepção do veículo de transporte em duas rodas.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Custos conforme o momento da identificação dos defeitos.	18
Tabela 2.1 – Exemplos da utilização de dispositivos <i>poka-yoke</i>	40
Tabela 2.2 Princípios para evitar a ocorrência de falhas em produtos ou processos.	41
Tabela 2.3. – Tipos do <i>poka-yoke</i> de produto	43
Tabela 2.4. – Banco de dados <i>poka-yoke</i> de produto mapeamento de indicadores.	44
Tabela 2.5. – Distinção de <i>poka-yoke</i> de processo utilizado na Empresa Alfa	47
Tabela 3.1 – Caracterização dos profissionais entrevistados.....	49
Tabela 3.2 – Endereçamento do <i>poka-yoke</i> nas fases do PDP.	50
Tabela 4.1 – Matriz de endereçamento do <i>poka-yoke</i> nas fases do PDP.....	54
Tabela 4.2 – Proposta de pontuação para Princípio de Trabalho	57
Tabela 4.3 – Proposta de pontuação para Interação com o Usuário Final.....	58
Tabela 4.4 – Conceitos para avaliação da necessidade de utilizar <i>poka-yoke</i>	58
Tabela 5.1 – Descrição dos profissionais que participaram do experimento.....	64
Tabela 5.2 – Resultado da utilização da ferramenta pelo profissional 1.	67
Tabela 5.3 – Resultado da utilização da ferramenta pelo profissional 2.	67
Tabela 5.4 – Resultado da utilização da ferramenta pelo profissional 3.	68
Tabela 5.5 – Resultado da utilização da ferramenta pelo profissional 4.	68
Tabela 5.6 – Consolidação dos resultados da aplicação da ferramenta por cada profissional por participantes.....	69
Tabela 5.7 – Conceitos para avaliação da necessidade de utilizar <i>poka-yoke</i> (<i>aplicação descritiva</i>).....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1 ACRÔNIMOS EM LÍNGUA PORTUGUESA

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PPGEM – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais.

PDP – Processo de desenvolvimento de produtos.

DP – Desenvolvimento de produtos.

P&D – Pesquisa e desenvolvimento.

FMEA - Análise dos Modos de Falha e Efeitos.

PYPF - Ferramenta de Avaliação do potencial de alocação de *poka-yoke* na interface do projeto conceitual e detalhado.

2 ACRÔNIMOS EM LÍNGUA INGLESA

Poka-yoke – Dispositivo a prova de falhas.

Recall – Retorno a concessionária.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO: CONTEXTO	15
1.2	POKA-YOKE: DEFINIÇÕES E CONTEXTO.....	17
1.3	APRESENTAÇÃO DA OPORTUNIDADE.....	18
1.4	OBJETIVOS	19
1.4.1	OBJETIVO GERAL	19
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.5	JUSTIFICATIVAS	19
1.6	METODOLOGIA APLICADA À INVESTIGAÇÃO.....	20
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	22
2	PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E <i>POKA-yOKE</i> : CONTEXTO E RELAÇÕES.....	24
2.1	PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	24
2.1.1	METODOLOGIA CONFORME PAHL E CO-AUTORES	25
2.1.2	METODOLOGIA CONFORME ROZENFELD E CO-AUTORES	26
2.1.3	TIPOS DE PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	31
2.1.4	O PDP NA EMPRESA ALFA.....	32
2.2	ANÁLISE DOS MODELOS DE PDP SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO DE DEFEITOS.....	32
2.3	CARACTERIZAÇÃO DO POKA-YOKE	34
2.3.1	CONCEITOS	35
2.3.2	BENEFÍCIOS.....	37
2.3.3	CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS POKA-YOKE.....	37
2.3.4	POKA-YOKE DE PRODUTO	42
2.3.5	CLASSIFICAÇÃO DO POKA-YOKE DE PRODUTO	43
2.4	BANCO DE DADOS DE POKA-YOKE DE PRODUTO.....	43
2.5	POKA-YOKE DE PROCESSO.....	45
2.6	POKA-YOKE NA PRÁTICA.....	46
2.7	POKA-YOKE NA EMPRESA ALFA.....	47
3	MAPEAMENTO DOS DADOS DE CAMPO	48
3.1.1	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	48
3.1.2	CARACTERIZAÇÃO DOS PROFISSIONAIS ENTREVISTADOS	48
3.2	COLETA DE DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	49
3.3	CARACTERIZAÇÃO DA OPORTUNIDADE	51
4	MODELO E FERRAMENTA PARA TRATAR POKA-YOKE NA interface do projeto conceitual e detalhado DO PDP.....	52
4.1	PROPOSTA DE ALOCAÇÃO DO POKA-YOKE NO DESENVOLVIMENTO PRODUTO - PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO	52
4.2	FUNDAMENTOS PARA A ELABORAÇÃO DO MODELO DA FERRAMENTA.....	53
4.3	PREMISSAS PARA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA.....	54

4.4	LEIAUTE DA FERRAMENTA.....	54
4.5	FLUXO DE UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA	56
4.6	DIRETRIZES PARA USO DA FERRAMENTA.....	57
4.7	VALIDAÇÃO DE CRITÉRIOS EM SITUAÇÕES ESPECIAIS.....	59
4.8	APLICAÇÃO ILUSTRATIVA DA FERRAMENTA POKA-YOKE NO PDP	59
4.9	ANÁLISE DO MODELO E FERRAMENTA POKA-YOKE NO PDP	63
5	APLICAÇÃO EXPERIMENTAL DA FERRAMENTA POKA-YOKE NA ETAPA DE PROJETO	64
5.1	CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	64
5.1.1	CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO E DAS ALTERNATIVAS.....	65
5.2	CARACTERIZAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE COLETA DE INFORMAÇÕES	66
5.3	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	70
5.3.1	AVALIAÇÃO DA TAREFA PROPOSTA.....	70
5.3.2	AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA.....	70
5.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	72
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	73
	REFERÊNCIAS	74
	APÊNDICE A – Questionário Aplicado no Instrumento de Coleta de Dados	77
	APÊNDICE B – Dados do Experimento	82
	APÊNDICE C– Questionário aplicado aos participantes – do experimento	83

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO: CONTEXTO

Com a competição global para desenvolver e produzir com mais eficácia e eficiência produtos inovadores e com excelência de qualidade é necessário reduzir os custos com retrabalho ocasionado por erros ou possíveis anormalidades.

A contribuição do PDP para competitividade está sendo cada vez mais enfatizada ao mesmo tempo em que é reconhecida a sua importância na definição da qualidade final do produto. Além disso, o desenvolvimento de produto tem forte influência sobre outros fatores como custo, velocidade e confiabilidade de entrega e flexibilidade (SLACK, 1993).

Como pode ser visto em Rozenfeld *et al.* (2006), Pahl *et al.* (2005) e Back *et al.* (2008), existem diversos métodos capazes de otimizar os produtos durante o processo de seu desenvolvimento.

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), o PDP situa-se na interface entre a empresa e o mercado, cabendo ao mesmo identificar – e até mesmo se antecipar – as necessidades do mercado e propor soluções (por meio de projetos de produtos e serviços relacionados) que atendam as mesmas. A seguir, as principais características encontradas durante o PDP:

- a) elevado grau de incertezas e riscos das atividades e resultados;
- b) decisões importantes devem ser tomadas no início do processo, quando as incertezas são ainda maiores;
- c) dificuldade de mudar as decisões iniciais;
- d) as atividades básicas seguem um ciclo iterativo do tipo: Projetar (gerar alternativas) Construir- Testar –Otimizar;
- e) manipulação e geração de alto volume de informações;
- f) as informações e atividades provem de diversas fontes e áreas da empresa e da cadeia de suprimentos;
- g) multiplicidade de requisitos a serem atendidos pelo processo, considerando todas as fases do ciclo de vida do produto.

A relação entre engenharia de produto e produção está sofrendo rápida mudança nas empresas. A idéia que a “engenharia” passa os desenhos para a “produção” colocar o projeto em prática deixou de ser a forma mais adequada para tratar a interface entre as áreas de desenvolvimento de produto e produção. O simples repasse não fornece o retorno necessário para os líderes dos departamentos, nenhuma margem de segurança para corrigir erros, nenhum sentimento de trabalho em equipe e absolutamente nenhuma cooperação entre os departamentos funcionais, conforme relatam Smith e Reinertsen (1997); Stoner e Freeman, (1999). Apesar da visão pessimista de alguns autores observa-se nas indústrias uma preocupação constante na mudança deste cenário.

Clark e Fjimoto (1991) consideram a comunicação entre engenharia de produto e engenharia de processo um ponto-chave para o desenvolvimento da interface entre as áreas. Uma comunicação efetiva entre desenvolvimento de produto e produção é motivada pela necessidade de fabricar um produto que satisfaça os consumidores e que seja lançado no tempo previsto.

De acordo com Back *et al.* (2008), o desenvolvimento sistemático de produtos possibilita também uma racionalização de recursos disponíveis tanto no setor de desenvolvimento, quanto no setor de construção. Um proceder em passos e etapas definidas permite fixar um cronograma realístico. A delegação de tarefas se torna mais fácil quando estas estão inseridas num procedimento metodológico. Ou seja, o melhor caminho para o desenvolvimento rápido e econômico de um produto de alta qualidade.

Sem a existência de uma sistemática pré-definida as empresas gastam dinheiro e tempo no treinamento das pessoas e quando pessoas esquecem, faltam ou saem da empresa, o conhecimento vai junto acarretando falhas e, conseqüentemente, problemas como o atraso no lançamento do produto, problemas de projeto e qualidade que podem prejudicar os negócios e estabilidade da empresa no mercado. Para um cliente, um produto defeituoso é 100% defeituoso, e não 0,1%.

Os *poka-yokes* são mecanismos (métodos/ferramentas) de prevenção de defeitos desde o projeto do produto, no processo e usuário final, ou seja, uma ferramenta de trabalho com objetivo de eliminar a possibilidade do erro humano em diversas operações. O *poka-yoke* reflete o ponto de vista do seu cliente.

1.2 POKA-YOKE: DEFINIÇÕES E CONTEXTO

A ferramenta *poka-yoke* foi criada na década de 60 no Japão visando o zero defeito, propiciando mais confiabilidade e segurança. O *poka-yoke* parte do princípio que os seres humanos não são perfeitos. Normalmente, é utilizado na detecção e prevenção de falhas, e são os sistemas e os dispositivos que assumem as tarefas repetitivas ou ações que dependem da memória.

O *poka-yoke* é um mecanismo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade.

A definição utilizada para *poka-yoke* por Léo Lean (2003), é um método que auxilia operadores a evitar erros em seu trabalho. Alguns exemplos citados são: montagem incorreta de uma peça, esquecimento de um componente, entre outros. A figura 1.1 ilustra a utilização prática do *poka-yoke*.

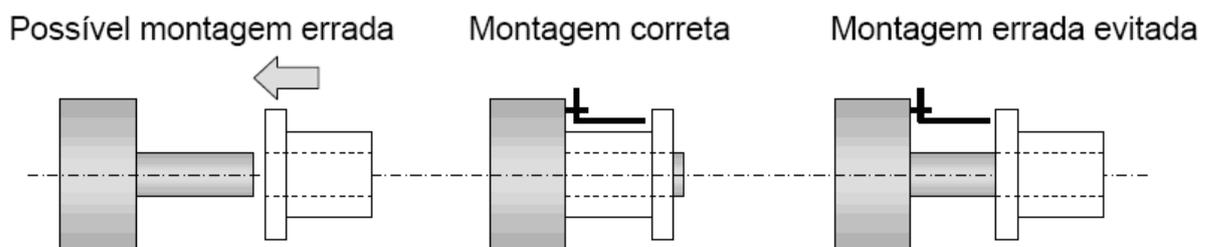


Figura 1.1 – Exemplo da utilização prática de *poka-yoke*.

Fonte: Miyake, (2006).

Este conceito é complementado por Shingo (1996) em que *poka-yoke* é uma melhoria em forma de um dispositivo que ajuda a atingir 100% de produtos aceitáveis, impedindo a ocorrência de defeitos.

Segundo Ghinato (1996) esta forma de evitar erros não intencionais, cometidos sobretudo por falta de atenção ou esquecimento, foi logo denominado de “Baka-Yoke”, que significa à prova de tolos. Porém, após um incidente ocorrido com uma operária na Arakawa Auto Body Co. que sentia-se preterida por trabalhar em um posto que continha dispositivos à prova de tolos é que percebeu a importância da alteração dessa nomenclatura, passando então a adotar o nome *poka-yoke*, que em japonês significa dispositivos à prova de falhas. De acordo com Shingo (1996), a

inspeção sucessiva, auto-inspeção e inspeção na fonte podem ser alcançadas através do uso do método de inspeção *poka-yoke*.

A principal premissa associada ao conceito do *poka-yoke* é a de que as falhas humanas são inevitáveis, mas podem ser eliminadas prevenindo-se que uma falha venha a se tornar um defeito.

1.3 APRESENTAÇÃO DA OPORTUNIDADE

A ocorrência de falhas acarreta custos quer para empresa através do comprometimento da marca (*recall*), retrabalho, parada de faturamento, desperdício de peças ou para o cliente, ilustrado pela insatisfação, custos de garantia de campo.

Estas falhas serão traduzidas em custos para empresa. Os custos dos defeitos variam conforme o momento de sua identificação, conforme Tabela 1.1.

Tabela 1.1 - Custos conforme o momento da identificação dos defeitos.

Momento de identificação do defeito	Na fase de projeto	No próprio processo	No próximo processo	No final da linha de produção	Na inspeção final	No usuário final
Custos para empresa						
Impactos para a empresa	Muito pequeno	Pequeno e restrito	Pequeno atraso	Retrabalho Reprogramação do trabalho	Grande retrabalho Atraso na entrega e inspeção adicional	Custo de garantia Perda de reputação e <i>marketing share</i>

Fonte: Miyake, (2006).

Uma vez que o *poka-yoke* se destina a prevenir a ocorrência de defeitos e assim, reduzir custos uma pergunta de investigação que surge é em que momento este deve ser endereçado durante o PDP.

Na seqüência, outra questão é identificar os recursos que podem ser utilizados a inserir os mecanismos de *poka-yoke* no produto, visando facilitar sua montagem e uso.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente trabalho é propor um conjunto de mecanismos que permita a adequada alocação de *poka-yokes* aos produtos (quer no seu uso ou na sua manufatura) durante o desenvolvimento de seus projetos.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para que o objetivo geral do presente trabalho seja atingido devem ser considerados os seguintes objetivos específicos:

1. Caracterizar os diferentes tipos de *poka-yokes*;
2. No contexto dos referenciais teóricos, verificar como e quando os *poka-yoke* são aplicados;
3. Caracterizar como e quando os *poka-yokes* são aplicados. Análise conceitual dos dados do processo e implicações que dariam margem/flexibilidade para alterações/restrições do projeto visando a manipulação correta do produto na montagem e utilização.

1.5 JUSTIFICATIVAS

Com a utilização de um conjunto de mecanismos para endereçar *poka-yoke* durante o processo de desenvolvimento de produtos espera-se verificar:

- a) O benefício da utilização de uma sistemática que auxilie na melhoria contínua no desenvolvimento de novos produtos;
- b) Reduzir a quantidade de falhas de projeto na fase de desenvolvimento de produtos.

Como consequência, espera-se obter oportunidades de melhoria nos modelos de PDP, a otimização dos recursos humanos e financeiros através da redução no tempo de lançamento.

1.6 METODOLOGIA APLICADA À INVESTIGAÇÃO

Com o exame da literatura e levantamento de campo, espera-se entender quais os aspectos devem ser considerados nas tratativas de *poka-yoke*, bem como o momento adequado para a sua análise durante o desenvolvimento do produto. A figura 1.2 ilustra, de forma esquemática, como a abordagem será conduzida.

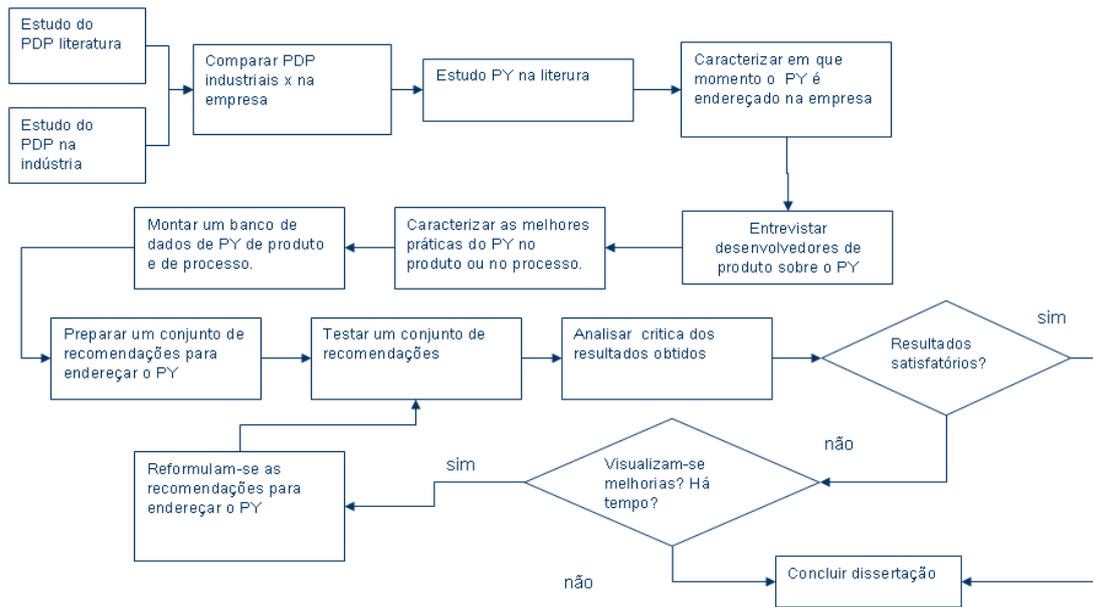


Figura 1.2 – Fluxograma da abordagem metodológica

A primeira e segunda etapas envolvem um estudo detalhado do PDP, sob o ponto de vista da literatura e da empresa investigada nesta pesquisa. O objetivo é produzir uma análise comparativa que identifique pontos em comum e discordâncias, já que a empresa representa a postura oriental de desenvolvimento de produtos e as literaturas normalmente tratam do pensamento ocidental.

Dentro da terceira e quarta etapa, busca-se caracterizar o *poka-yoke*, tanto na literatura quanto na empresa examinada. O entendimento dos conceitos de *poka-yoke* é de fundamental importância para que sejam propostos mecanismos de integração dos mesmos dentro do pdp. Sabe-se que os *poka-yoke*'s podem ser de produto (aqueles que o usuário vai interagir) ou processo (aqueles necessários para manufaturar, montar ou manter o produto). Todavia, as referências até agora consultadas não esclarecem como alocá-los durante o PDP.

Compreender o PDP da literatura e o da empresa e caracterizar em que momento o *poka-yoke* é endereçado na empresa esta etapa é de extrema importância, pois servirá de base para investigação do objetivo da investigação.

A quinta etapa consiste em entrevistar as pessoas ligadas ao PDP (do meio acadêmico e da empresa multinacional do setor de duas rodas), sobre suas percepções acerca do *poka-yoke*. A intenção é criar um conjunto de perguntas que sejam capazes de esclarecer como o *poka-yoke* tem sido endereçados na prática ao longo do PDP.

A partir do levantamento conduzido na etapa anterior, serão caracterizadas as melhores práticas (uso de ferramentas, planilhas, formulários, “macetes”) para a introdução de *poka-yoke*, tanto no produto quanto no processo. Este conjunto de melhores práticas será apresentado na forma tabular, com descrições, ilustrações e fonte de onde a informação foi obtida.

Na sétima etapa, visando robustecer o entendimento do *poka-yoke*, será montado um banco de dados, de acordo com o esquema de classificação a ser proposto para o enquadramento do *poka-yoke* no processo de PDP, contendo pelo menos dez soluções práticas (documentação fotográfica ou de modelos sólidos) em cada categoria.

Com as etapas anteriores consolidadas, será possível na oitava etapa, estruturar um conjunto de mecanismos (tabelas, *check-list*, banco de soluções) para alocar os *poka-yoke*'s durante o PDP. Também, espera-se identificar com clareza qual é o momento mais adequado do PDP para fazer tal alocação.

Uma vez que os mecanismos estejam propostos, será idealizado um experimento em ambiente controlado, envolvendo o desenvolvimento de um produto simples (monocomponente, que poderá ser real ou ilustrativo). Nele, a pesquisadora inserirá, *a priori*, demandas de *poka-yoke* (tanto de produto quanto de processo). Os participantes serão distribuídos em grupos. Um grupo será o de controle (que não utilizará os mecanismos propostos). Os demais serão alocados conforme as métricas experimentais. Estas podem envolver: tempo de experiência, formação (designers, engenheiros), entre outras. Buscará se averiguar se os mecanismos propostos permitem: i/ redução no tempo de desenvolvimento; ii/ alocação correta de

poka-yoke (no produto ou no processo). Os dados serão coletados a partir de observações da pesquisadora, inserção dos *poka-yoke* na situação de projeto proposta, consulta aos mecanismos sugeridos, resposta aos questionários.

De posse dos dados, na etapa dez, estes serão estruturados e analisados de modo que possam ser estabelecidas as correlações necessárias.

Finalmente, a última etapa envolve a redação da dissertação e a respectiva publicação dos resultados obtidos.

Na sexta e sétima etapas serão caracterizadas quais as melhores práticas do *poka-yoke* e preparar um conjunto de recomendações e mecanismos para incorporar o *poka-yoke* ao longo do PDP, investigando os pontos positivos e negativos que levem a prática da integração do *poka-yoke* ao PDP.

Com os mecanismos desenvolvidos, a oitava etapa é a aplicação em um caso real. No teste da ferramenta, os desenvolvedores de produto que estiverem participando da investigação darão o retorno à pesquisa mostrando o quão útil foi na aplicação prática.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 2 apresenta a importância do PDP, a oportunidade da utilização de um sistema *poka-yoke* integrado ao desenvolvimento do produto. Esta abordagem tem por objetivo fornecer referências a respeito do tema e identificar e compreender como esta ocorre no processo de desenvolvimento de produtos. Em seguida, a descrição dos modelos de desenvolvimento de produto, bem como a contextualização dos conceitos de *poka-yoke* são apresentados. Com o auxílio da pesquisa de campo sinaliza-se o momento para endereçamento no PDP.

O capítulo 3 descreve as atividades a serem desenvolvidas para se atingir os objetivos propostos no capítulo 1. O capítulo 4 tem por objetivo validar a ferramenta proposta, através da aplicação da mesma em um experimento realizado em ambiente controlado. Neste caso, quatro engenheiros receberam um cenário de projeto de modo que estes grupos pudessem submeter às alternativas à ferramenta. Por meio de um questionário foi possível fazer uma análise das percepções de cada grupo com relação à tarefa proposta. O capítulo 5 apresenta as conclusões,

contribuições e recomendações para trabalhos futuros. A Figura 1.3 apresenta a estrutura proposta para a condução da presente investigação.

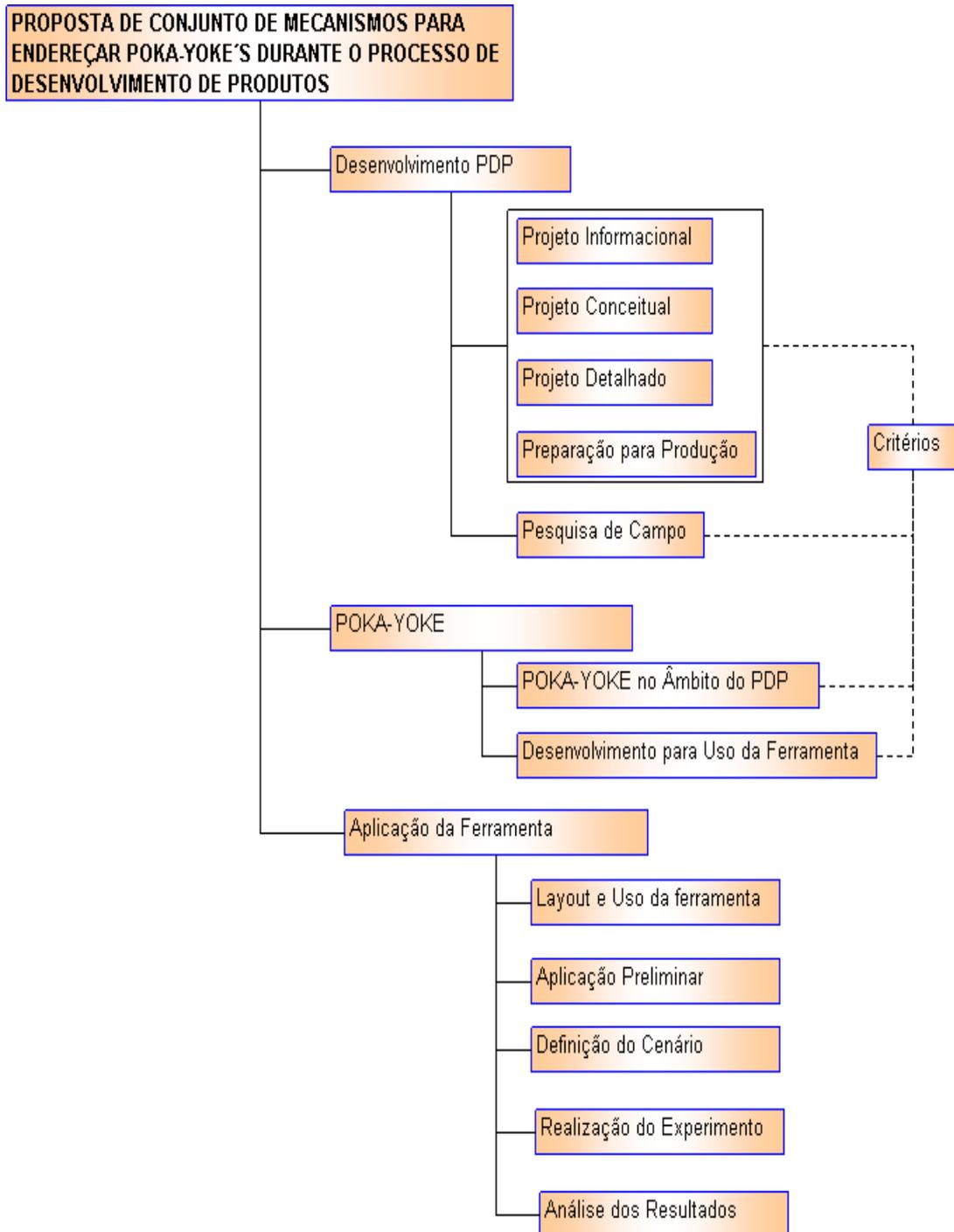


Figura 1.3 – Estrutura do Trabalho

2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E

POKA-YOKE: CONTEXTO E RELAÇÕES

Neste capítulo, será feita apreciação da abordagem teórica sobre conceitos *poka-yoke*, etapas do processo de desenvolvimento de produto, projeto conceitual e detalhado. A seguir, será apresentada uma pesquisa, que teve por objetivo fornecer referências a respeito de, em qual momento o *poka-yoke* é endereçado no processo de desenvolvimento de produtos.

Com base nas informações levantadas no referencial teórico, juntamente com a análise dos critérios levantados será aplicado um questionário o qual visa identificar as práticas adotadas no processo de alocação e inserção de *poka-yoke* durante o desenvolvimento de produto.

2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Para atingir vantagem competitiva com produtos diferenciados, além de uma capacidade superior de produção (produção flexível com qualidade e produtividade) as empresas necessitam de um bom desempenho no PDP, o que é obtido, em grande parte, por uma estratégia de desenvolvimento de longo prazo e por uma gestão eficiente e eficaz desse processo (WHEELWRIGHT; CLARK, 1993).

A primeira dimensão da gestão do PDP é a Estratégica, preocupando-se principalmente com a estratégia de produtos e de mercados, a gestão do portfólio de produtos e o planejamento agregado do conjunto de projetos (WHEELWRIGHT; CLARK, 1993).

Segundo Ulrich e Eppinger (2000), o PDP é a série de atividades que começa com a percepção de uma oportunidade de mercado e termina com a produção, venda e entrega do produto.

Há na literatura vários modelos de PDP, os quais diferenciam principalmente pela importância atribuída às diferentes etapas do ciclo de desenvolvimento, devido à origem e à atuação dos seus autores. Há ainda, aqueles que visualizam o PDP sob a perspectiva do design, atividade de projeto menos tecnológica, porém possuindo dimensões de forma e função, e não poucas vezes artístico como design

gráfico e design de produto. Outro ponto de diferenciação entre os PDP é a amplitude do ciclo de desenvolvimento contemplada (CHENG e FILHO, 2007).

2.1.1 METODOLOGIA CONFORME PAHL E CO-AUTORES

Segundo Pahl *et al.* (2005) a metodologia geral de trabalho deve ser aplicável independentemente da especialidade e sem necessidade de pré-conhecimentos específicos por parte do usuário. Ela deverá auxiliar o processo mental de forma organizada e eficaz.

A sistemática proposta por Pahl *et al.* (2005), é o resultado de vários anos de pesquisa e aplicação de procedimentos sistemáticos ao desenvolvimento de produtos. Essa sistemática reflete a linha de pesquisa básica alemã na área de projeto de produto. É composta, basicamente, pelas seguintes fases e pode ser vista de forma esquemática na Figura 2.1:

- a) Classificação da Tarefa: fase responsável pela compilação das necessidades dos clientes convertendo-as em uma especificação do produto;
- b) Projeto Conceitual: fase responsável pela definição dos problemas existentes para se atingir a especificação do produto e pela criação de uma estrutura funcional. É nesta etapa que se elaboram e se avaliam diversos princípios funcionais para se chegar a um conceito do produto;
- c) Projeto Preliminar: fase responsável pela transformação do conceito em um *leiaute* definitivo da solução técnica (desenhos em escala e disposição do produto no espaço definidos);
- d) Projeto Detalhado: fase responsável pelo detalhamento do *leiaute* da solução técnica (e.g. através da inclusão de dimensões, propriedades superficiais, material e do detalhamento do processo produtivo).

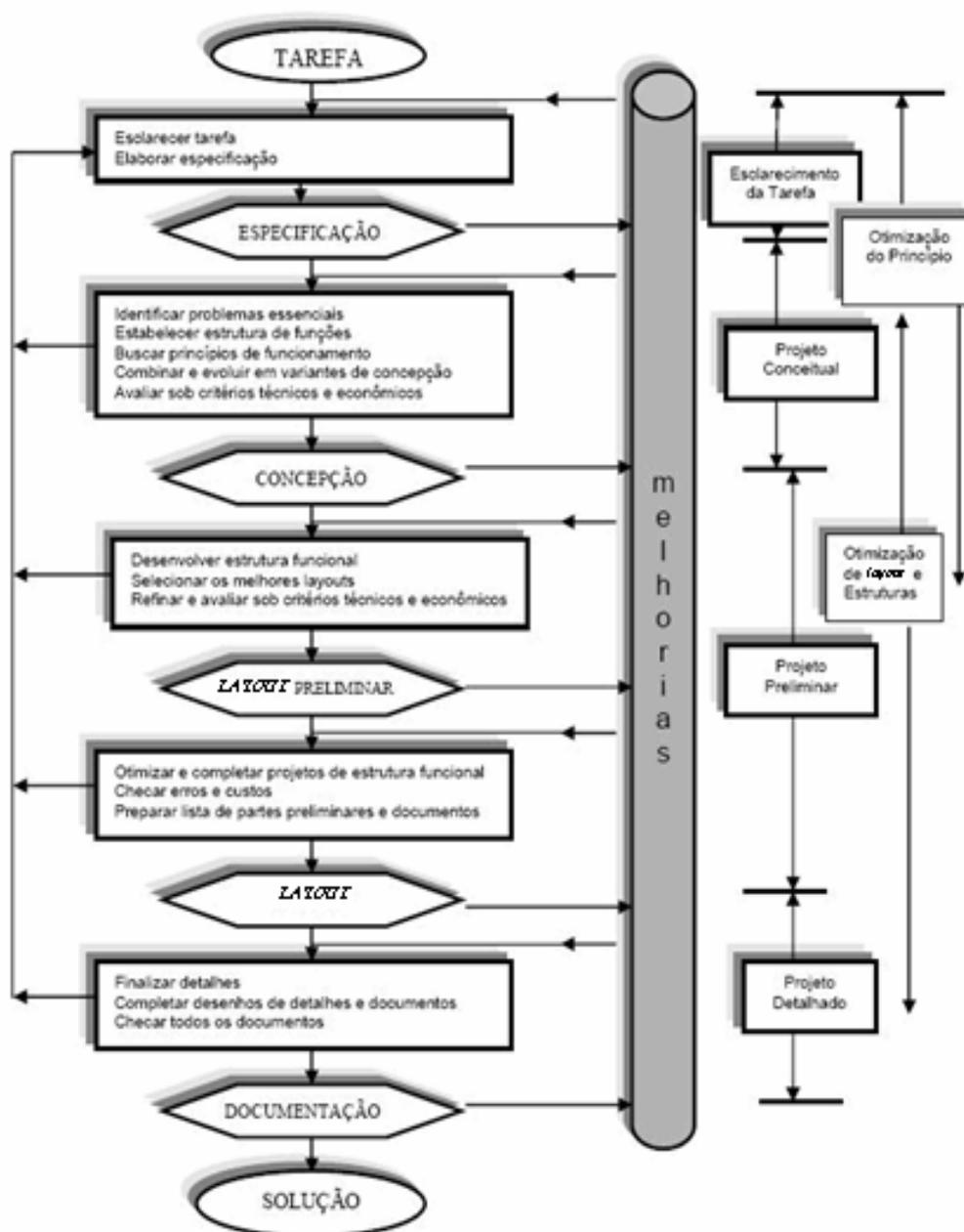


Figura 2.1 – Processo de Desenvolvimento do Produto, de acordo com uma referência alemã, etapa de projeto.

Fonte: Pahl *et al.* (2005).

2.1.2 METODOLOGIA CONFORME ROZENFELD E CO-AUTORES

Para Rozenfeld *et al.* (2006), a visão unificada do desenvolvimento do produto é dividida em três macrofases são: Pré-Desenvolvimento, Desenvolvimento e Pós-Desenvolvimento, podem ser visto de forma esquemática na Figura 2.2.

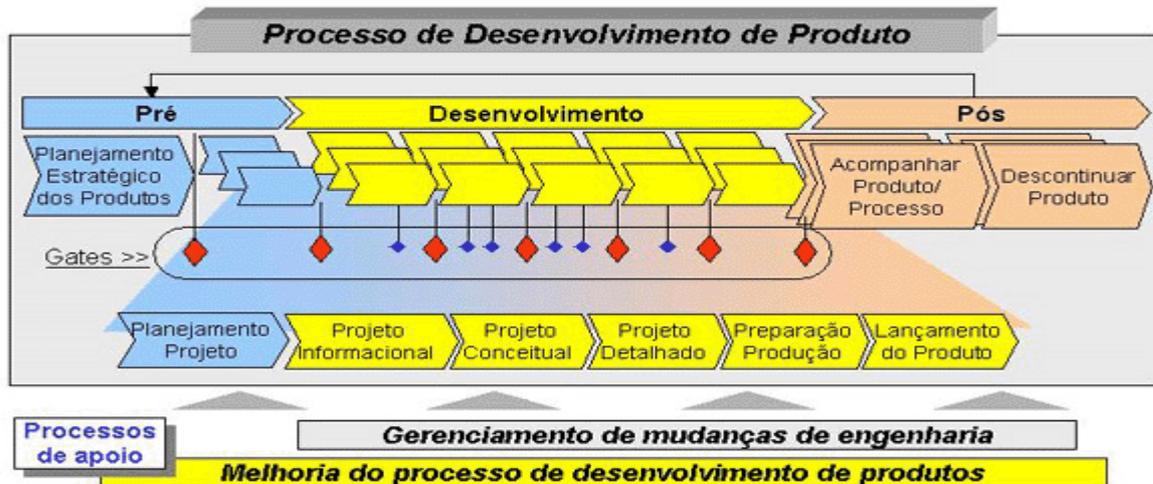


Figura 2.2 – Processo de desenvolvimento do produto, de acordo com uma referência brasileira.

Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

O pré-desenvolvimento é dividido em duas grandes fases: Planejamento Estratégico de Produtos e Planejamento do projeto. A primeira fase é composta pelo conjunto de atividades que transformam as informações contidas nas Estratégias Corporativas e da Unidade de Negócio no Plano Estratégico de Produtos. A segunda fase inicia quando chega a data próxima da realização de um dos projetos do Plano Estratégico de Produtos.

O desenvolvimento traz informações tais como: escopo do projeto, escopo do produto, atividades e sua duração, prazos, orçamento, entre outros. Ao final desta macrofase são produzidas informações técnica detalhadas, de produção, comerciais relacionadas com o produto.

O pós-desenvolvimento inicia-se no desenvolvimento trazendo a integração entre o planejado e o executado, permitindo assim fazer avaliações gerais para novos projetos, até o processo da descontinuidade do projeto.

Nesta investigação, utiliza-se como Modelo Referencial o proposto pelos autores Rozenfeld *et al.* (2006), por ser uma referência sistematizada, utilizada para solucionar problemas nas indústrias em várias empresas, no acompanhamento metódico de projetos e por ser um referencial brasileiro no âmbito do desenvolvimento do produto. Desta forma, o PDP segundo o autor será visto com mais detalhes.

O projeto conceitual cria soluções de projeto a partir dos requisitos do produto e seleciona a concepção do produto. Na figura 2.3, está esquematizada a etapa do projeto conceitual com as principais saídas. Este modelo referencial divide esta etapa em: modelagem funcional, desenvolvimento de alternativas de solução, seleção de concepções alternativas, monitorando a viabilidade econômica e, por último, documentando as decisões tomadas e registrando as lições aprendidas no desenvolvimento de produto (ROZENFELD *et al.*, 2006).

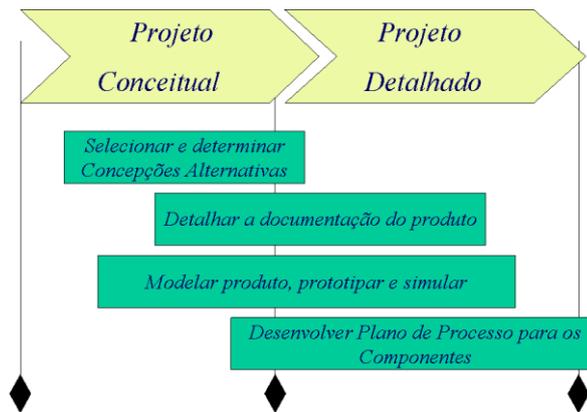


Figura 2.3 - Principais saídas do projeto conceitual.

Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

A modelagem funcional auxilia a equipe de projeto a descrever os produtos em um nível abstrato. Nesta fase, as equipe de projetistas tem os seguintes objetivos: buscar, criar, representar e selecionar soluções para o produto final conforme sistematizado nas figuras 2.4 e 2.5.

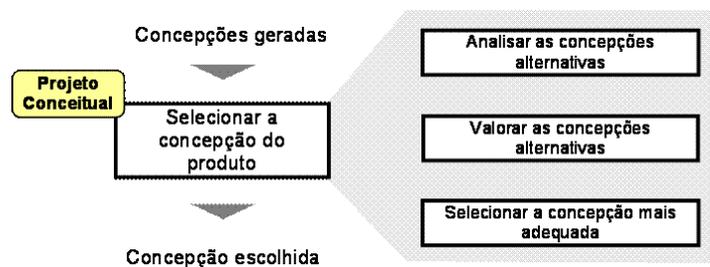


Figura 2.4 – Projeto Conceitual de acordo com o Modelo Referencial

Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

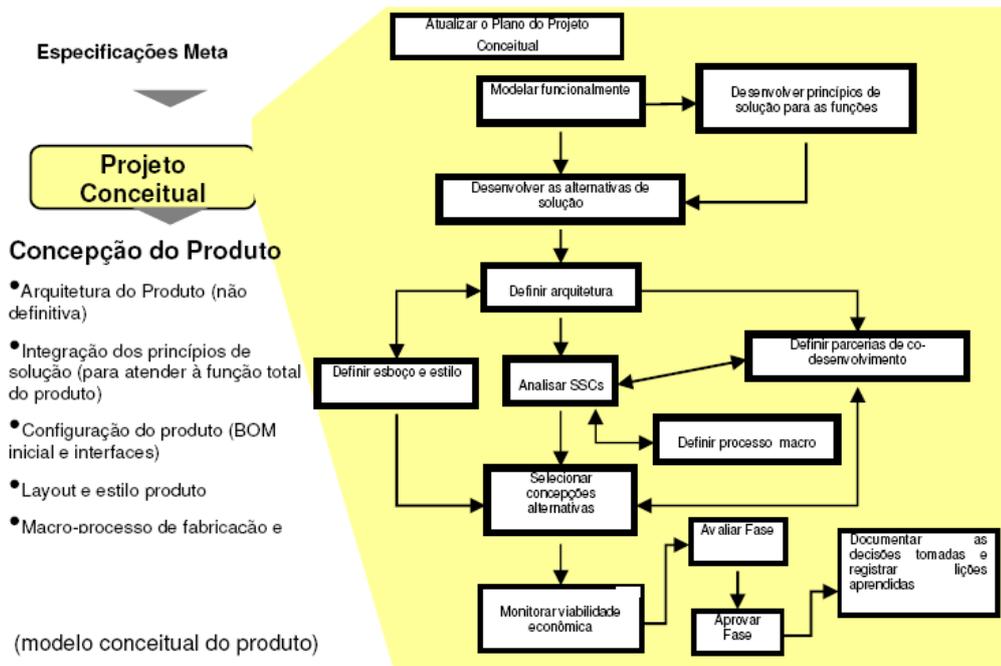


Figura 2.5 - Informações sobre as atividades da fase de Projeto Conceitual

Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

As funções que governam o desempenho do produto são satisfeitas por meio de processos físicos, químicos e biológicos. Processos físicos são realizados por efeitos físicos características de geometria e de material e a combinação destes são chamadas princípio de trabalho, Pahl *et al.* (2005). As restrições estão diretamente endereçadas ao princípio de trabalho.

Para elaboração da Função Global a partir das especificações-meta, devem-se seguir os seguintes passos:

1. Localizar, dentre as especificações-meta, aquelas que dizem respeito às funções do produto;
2. Detectar, nessas especificações funcionais, as principais entradas e saídas do sistema em termos de fluxos de energia, material e sinal;
3. Do relacionamento entre os fluxos principais de entrada e de saída do sistema (e de seus estados), tentar expressar a função total em termos de um par verbo e substantivo;
4. Representar os dados levantados nos itens acima na forma de um diagrama de blocos.

A figura 2.6 representa o desdobramento da função global.

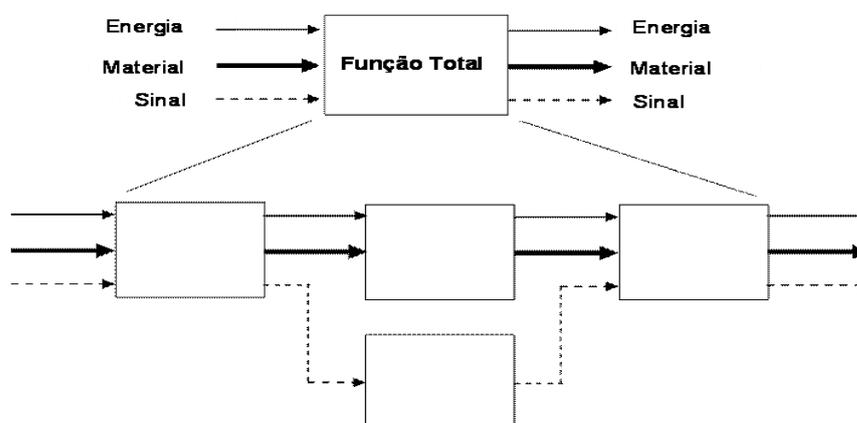


Figura 2.6 - Desdobramento da função global

Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

Em seguida, pode ser utilizada a matriz morfológica, pois este método permite uma análise das possíveis configurações para o produto em questão, conforme Rozenfeld *et al.* (2006).

No projeto detalhado as informações sobre a concepção do produto são detalhadas em informações técnicas são definidas as formas, dimensões, propriedades das partes e a especificação das tolerâncias dos parâmetros do produto com a definição de sistemas, subsistemas e componentes do produto. Essa é a etapa que decide sobre a aprovação final do projeto antes de sua fabricação/construção. Neste estágio, resultados da análise financeira são fundamentais.

Após a aprovação do plano de especificação do projeto (homologação do produto), procede-se à liberação de capital para início da preparação da produção.

A seguir na figura 2.7 é ilustrado o resultado de cada fase do PDP.

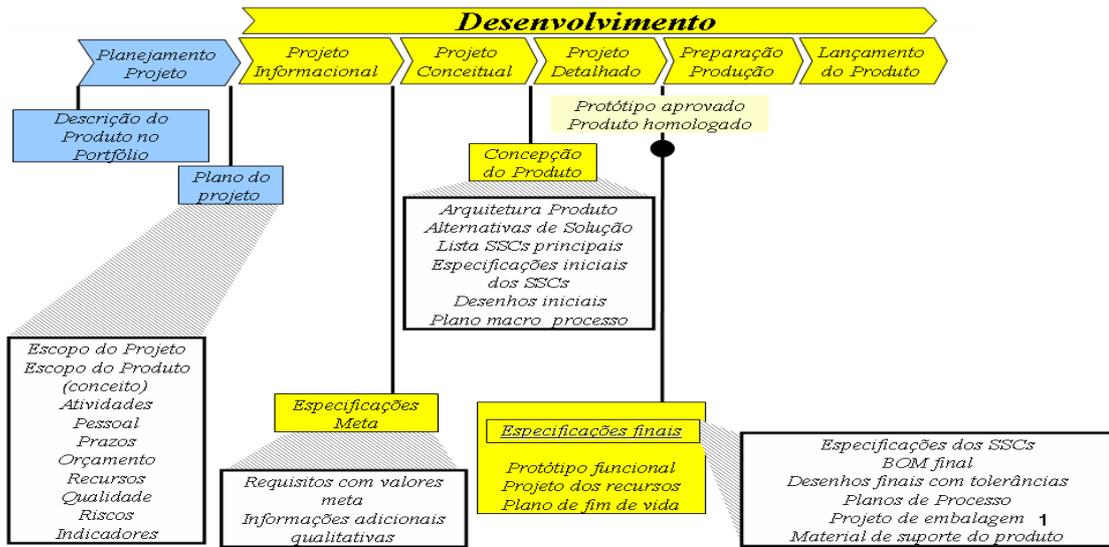


Figura 2.7 - Principais resultados nas fases do PDP.

Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

2.1.3 TIPOS DE PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), os quatro tipos correntes de projeto de desenvolvimento de produto são:

- Novo projeto: é aquele em que é desenvolvida uma nova plataforma tecnológica;
- Transferência de nova tecnologia simultânea: quando um novo projeto utiliza a plataforma de um projeto base, antes que o desenvolvimento deste tenha sido concluído;
- Transferência de tecnologia seqüencial: quando um novo projeto utiliza a plataforma de um projeto-base, cujo desenvolvimento já foi concluído;
- Modificação de projeto: neste tipo, não transferência de tecnologia ou de plataforma de um projeto para outro. Um projeto é modificado, mas sem que haja mudança na plataforma. Há apenas modificações em um projeto existente.

Na próxima seção, será ilustrado o modelo de PDP utilizado na empresa Alfa com o objetivo de observar as suas características. A empresa Alfa foi objeto de estudo para a aplicação prática da ferramenta.

2.1.4 O PDP NA EMPRESA ALFA

O trabalho realizado na empresa Alfa consiste na implantação, acompanhamento de novos produtos e projetos de dispositivos para linha de montagem. A empresa Alfa é uma empresa de origem japonesa. A fábrica está situada na cidade de Manaus que possui quatro linhas de montagem, com uma produção média mensal de 100.000 motos/mês.

A empresa Alfa, em Manaus, possui uma fábrica de projetos que desenvolve os produtos em Tóquio. Estes projetos são avaliados em conjunto com a fábrica do Brasil verificando a disponibilidade da produção e atendimento as especificações técnicas no Brasil.

A empresa Alfa não possui uma metodologia de projeto sistematizada. Adota sim, técnicas de gerenciamento dos seus projetos que estão descritas a seguir:

a) O PQ (Product Quality): é uma sistemática de gerenciamento da qualidade para a produção de novos modelos baseados em princípios de melhorias contínuas nos eventos de novos modelos com ênfase nos seguintes fatores;

b) Q (Best Quality): estudo para o atendimento a especificações, viabilidade técnica dos equipamentos, dispositivos e moldes, estrutura fabril, estudo do histórico do modelo base (garantia de campo, rejeição interna e final, estudo para o atendimento de novas tecnologias);

c) C (Cost down): avaliação de custos e metas do lançamento de novos modelos;

d) D (Best Delivery): estudo da capacidade produtiva, prazo de desenvolvimento de ferramental, estudo de atendimento de peças;

e) M (Qualify Man): *know how* técnico dos colaboradores.

A empresa Alfa trabalha com os projetos, conforme a classificação apresentada, descritos nos itens a e b da seção 2.1.

2.2 ANÁLISE DOS MODELOS DE PDP SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO DE DEFEITOS

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), todo processo de negócios deve ser monitorado por meio de indicadores de desempenho. Esses indicadores medem

aspectos relacionados com o tempo, custo e escopo dos projetos individuais, tais como exemplificado a seguir:

- a) Tempo de desenvolvimento;
- b) Qualidade dos resultados em conformidade as especificações;
- c) Satisfação dos clientes;
- d) Custo de falhas internas para novos produtos;
- e) Causas de falhas de produtos nos clientes.

Rozenfeld *et al.* (2006) afirmam que a eficácia do PDP é estabelecida pelos resultados dos projetos ou produtos que sejam adequados e competitivos, i.e. atendam as expectativas do mercado ou em última instância, as necessidades e desejos do consumidor e devidamente integrados à estratégia da organização.

Algumas ferramentas são utilizadas para fazer uma boa parte das melhorias dos produtos e processos como: i) Análise de Modos de falha; ii) priorização e prevenção de problemas.

Segundo Palady (1997), o FMEA (Análise dos Modos de Falha e Efeitos) é uma ferramenta para prognóstico de problemas, é um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados. É uma das técnicas de baixo risco mais eficientes para prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custos, a fim de prevenir estes problemas. Como procedimento oferece uma abordagem estruturada para avaliação, condução e atualização do desenvolvimento do projeto e processos em todas as disciplinas da organização. Segundo Pahl *et al.* (2005), no FMEA de projeto a questão primordial é verificar se as funções formuladas na lista de requisitos estão satisfeitas.

O modo de falha pode ser definido como a maneira na qual o defeito se apresenta ou a maneira como o item (item é uma expressão genérica que pode estar associado ao componente, sistema, processo) falha ou deixa de apresentar o resultado desejado ou esperado (SAKURADA, 2001).

Conforme Sakurada (2001), existem duas abordagens para levantar os modos de falha: funcional e estrutural. A abordagem funcional é mais genérica e não

necessita de especificações de projeto ou de engenharia. Pode ser tratada como uma função. Logo se a função de um acumulador hidráulico é armazenar energia, amortecer choques e compensar variações volumétricas, então os modos de falha seriam: não amortece choque; e não compensa variações volumétricas. As abordagens estruturais são informações mais detalhadas. Ambas as abordagens requerem a função do componente bem definida, para servir de referência no momento de verificar se o componente está em falha ou não.

O método de Análise do Efeito e Modo de Falha busca prever e prevenir falhas que possam vir a acontecer durante a utilização do produto, ainda na fase de projeto. Para tal, é feita uma análise das falhas potenciais e, posteriormente, são propostas ações de melhoria. Ou seja, o objetivo básico é detectar falha antes que se produza uma peça e/ou produto (CAPALDO *et al.*, 1999).

Neste trabalho adotou-se abordagem funcional e estrutural considerando que os modos de falha dos componentes podem propagar os seus efeitos nas vizinhanças. Na seção seguinte, será realizada a caracterização ferramenta de melhoria *poka-yoke*.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DO POKA-YOKE

No Japão do início do século XX, Sakichi Toyoda inventou o que pode ser considerado o primeiro dispositivo *poka-yoke*: um mecanismo que, acoplado ao tear, era capaz de identificar o rompimento de um fio ou o atendimento da quantidade de tecido a ser produzida, paralisando a operação imediatamente. Esta singela invenção possibilitou que vários teares fossem operados por um único trabalhador, o que representou uma grande vantagem competitiva há época (GHINATO, 1994).

A superioridade das empresas japonesas em relação às ocidentais iniciou-se em função do exercício da atividade de inspeção. No ocidente, as inspeções eram efetuadas de maneira independente da execução, através dos chamados inspetores da qualidade. No Sistema Toyota de Produção o processo de gerenciamento é reconhecido por diversos autores como elemento fundamental na condução do negócio foi desdobrado por Shingo (1996), nas funções de planejamento, monitoramento e controle, colocando a execução ligada à função controle, cujos

métodos e técnicas aplicados, têm resultados decisivos no produto acabado. Esta foi à percepção visionária de Shingo (1996).

Passar a função controle a ser desempenhada pela atividade de inspeção, pois só dessa maneira é que se consegue mecanismos eficazes de prevenção e eliminação de defeitos.

O método de inspeção passa a ser um fator determinante para o posicionamento da empresa quanto aos seus objetivos de qualidade e perante o mercado. Com a inspeção na fonte tem-se a garantia de produtos livres de defeitos.

Para Ghinato (1996), “a utilização eficaz da inspeção na fonte depende do reconhecimento da existência da relação de causa-e-efeito entre erros e defeitos, da identificação dos tipos de erros possíveis e da aplicação de técnicas capazes de neutralizá-las”. Essas técnicas nada mais são do que a inserção de dispositivos à prova de falha - *poka-yoke* - em todo o processo produtivo, exercendo a função de controle junto à execução.

2.3.1 CONCEITOS

Na verdade, o *poka-yoke* é mais do que apenas um mecanismo de detecção de erros ou defeitos; é um recurso utilizado com o principal objetivo de apontar ao usuário (ou à máquina) a maneira adequada de realizar uma determinada operação. É, em resumo, uma forma de bloquear as principais interferências (normalmente erros humanos) na execução da operação.

Apesar da prevenção da ocorrência de defeitos ser importante, nas metodologias atuais, não há indicação de qual momento isto ocorre e nem de que mecanismos pode-se dispor para implementar a não ocorrência de defeitos na etapa de projetos.

A partir desses dispositivos e sistemas, as indústrias japonesas, especialmente a Toyota, encontraram um meio de operacionalizar a Automação e o Controle da Qualidade Zero Defeito, detectando os erros antes que se tornem defeitos e eliminando-os completamente.

A principal premissa associada ao conceito do *poka-yoke* é a de que os erros humanos são inevitáveis, mas podem ser eliminados prevenindo-se que um erro

venha a se tornar um defeito. Juran e Frang (1992) classificam os erros humanos segundo as seguintes definições:

- a) erros por inadvertência: são aqueles que, no momento em que são cometidos, não são percebidos, podendo ser divididos em: não intencionais, inconscientes e imprevisíveis. As soluções para esses tipos de erros por inadvertências envolvem, basicamente, concentração na execução das tarefas e redução de extensão da dependência humana;
- b) erros técnicos: podem envolver várias categorias de erros relacionados, fundamentalmente, à falta de aptidão, habilidade e conhecimento para a execução de determinada tarefa, podendo ser divididos em: não intencionais, específicos, conscientes e inevitáveis. As soluções para eles envolvem, basicamente, treinamento, mudança tecnológica e melhorias no processo;
- c) erros premeditados: podem assumir diversas formas, estando relacionados, basicamente, a questões de responsabilidade e comunicação confusas, podendo ser divididos em: conscientes, intencionais e persistentes. Algumas possíveis soluções para esse tipo de erro premeditado estariam relacionadas à delegação de responsabilidades e à melhoria de comunicação interpessoal.

Na figura 2.8 é apresentado o desmembramento dos sistemas *poka-yoke*. E em seguida, na seção 2.3.4.1 será detalhado o *poka-yoke* de produto que representa o foco de estudo deste trabalho.

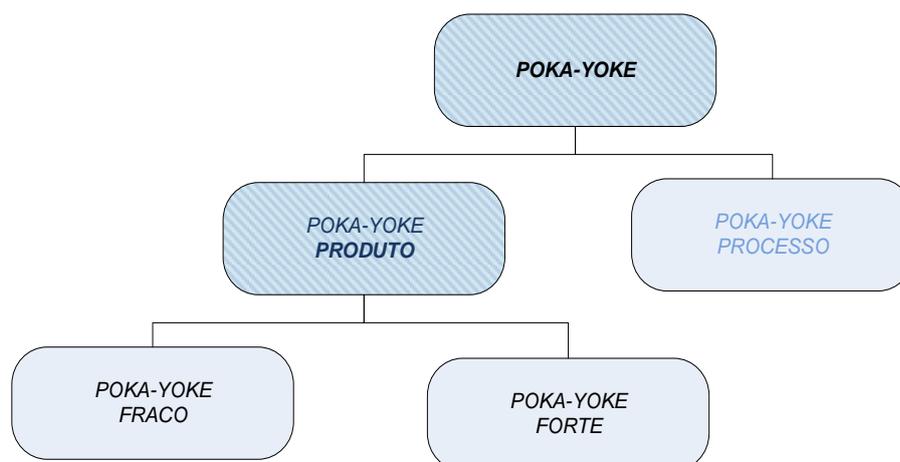


Figura 2.8 – Desmembramento de sistemas *poka-yoke*.

2.3.2 BENEFÍCIOS

Cabe ressaltar a importância das estratégias para melhorar o desempenho de desenvolvimento de produtos, para viabilizar que o produto seja disponibilizado no prazo e desempenho corretos.

A inserção de *poka-yoke* no desenvolvimento de produtos, objetiva que seja fácil fazer certo o trabalho e difícil fazê-lo errado. O intuito de integrar o *poka-yoke* ao PDP agrega benefícios ao produto de usabilidade do produto.

Os dispositivos a prova de falhas inspecionam, automaticamente, erros ou condições operacionais não-conformes. Alguns dos benefícios que podem ser mensurados são a prevenção de danos ao produto, equipamentos e prejuízos pessoais. Assim, libera o tempo e a mente dos operadores para que estes possam se dedicar a ações mais criativas ou que agregam valor. Na figura 2.9, pode-se observar alguns dos riscos que podem ser eliminados com a alocação de *poka-yoke*.



Figura 2.9 – Exemplos de ausência poka-yoke.

Fonte: JISHA, (2006).

2.3.3 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS POKA-YOKE

Ghinato (1996), distingue dispositivo e sistemas ao afirmar que:

- a) Dispositivo *poka-yoke*: deve apontar ao operador ou à máquina a maneira adequada de realizar uma atividade, impedindo que a mesma seja executada de forma incorreta;
- b) Sistemas *poka-yoke*: são dispositivos que interrompem o processamento ou sinalizam – através de buzinas e sinais luminosos - sempre que uma anormalidade for detectada, possibilitando a correção do problema imediatamente.

De acordo com Shingo (1996), a inspeção sucessiva, auto-inspeção e inspeção na fonte podem ser alcançadas através do uso do método de inspeção *poka-yoke*. O autor classifica os sistemas *poka-yoke*, conforme apresentado na Figura 2.10.

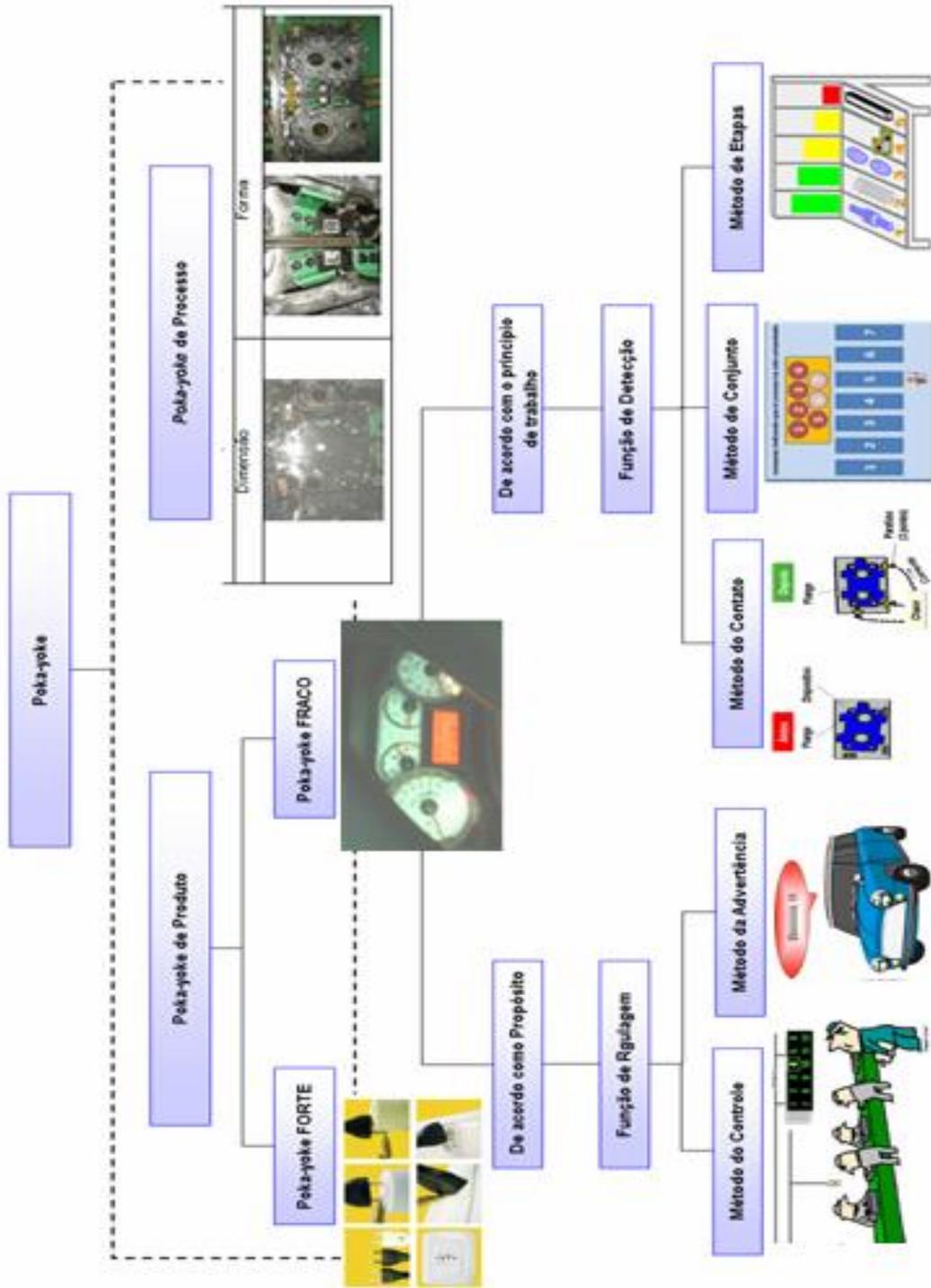


Figura 2.10 - Esquema de classificação dos sistemas *poka-yoke*.

Fonte: Adaptado de Shingo (1996).

De acordo com o propósito, o sistema *poka-yoke* pode, após detectada uma anormalidade, bloquear o processamento ou apenas avisar a ocorrência da mesma, dependendo da gravidade, frequência e conseqüências do problema.

De acordo com as técnicas utilizadas, o sistema *poka-yoke* pode ser classificado como “de contato”, “do conjunto” ou “das etapas”.

Por outro lado, a função de detecção capta a anormalidade de acordo com o mecanismo de detecção utilizado. Está dividido em: i/ Contato: detecta a anormalidade através de dispositivos que se mantêm em contato com o produto na ocasião da inspeção; ii/ Conjunto: garante que operações executadas em seqüência de movimentos ou passos pré-estabelecidos não sejam negligenciadas. Este método baseia-se na contagem automática e controle do número de movimentos efetuados ou pela detecção da execução de cada um dos passos isoladamente; e iii/ Etapas: evita a realização, por engano, de uma etapa que não faz parte da operação.

Já, no âmbito da função de regulagem, tem-se que esta determina o método a ser utilizado em função do objetivo desejado. Esses métodos são: i/ Método Controle: após detectar a anormalidade pára a máquina ou a linha de produção, possibilitando a imediata ação corretiva, evitando-se a geração de defeitos em série; e ii/ Método de Advertência: quando o sistema detecta a anormalidade, o mesmo sinaliza através de sinais sonoros ou luminosos possibilitando a ação corretiva em tempo.

Este método é aplicado em operações executadas através de movimentos padronizados. Exemplos de utilização podem ser observados na tabela 2.1 e na figura 2.11.

Tabela 2.1 – Exemplos da utilização de dispositivos *poka-yoke*

	<p>MÉTODO DE POSICIONAMENTO</p> <p>Uma determinada peça pode ser montada em posições diferentes, mas apenas uma posição é correta. Foi instalado um pino de interferência, um <i>poka-yoke</i> de posicionamento evitando assim que por distração ou qualquer outro motivo o operador monte a peça invertida e esta chegue ao cliente.</p>
	<p>MÉTODO DE CONTATO</p> <p>Uma chapa pode ser soldada a uma peça em posições diferenciadas, mas apenas uma posição é a correta. Assim, foi instalada uma cunha com sensor que identifica se a peça está na posição correta. A cunha com sensor é um <i>poka-yoke</i>, pois se a peça a ser soldada não estiver devidamente posicionada fazendo o contato com o sensor, o mesmo não libera a máquina de solda.</p>
	<p>MÉTODO DE COMPARAÇÃO</p> <p>Parafusadeira não garante torque especificado devido à variação da pressão de ar na linha de montagem. Instalado um medidor de pressão, que mede a variação de pressão da linha e compara com a pressão especificada mínima e máxima. O medidor é um <i>poka-yoke</i>, pois se a pressão de ar cai durante a aplicação do torque na linha ele faz soar uma campainha, acende a lâmpada e trava o carro transportador da linha, até que seja aplicado novamente o torque especificado na peça.</p>

FONTE: Adaptado de Imam (1998).

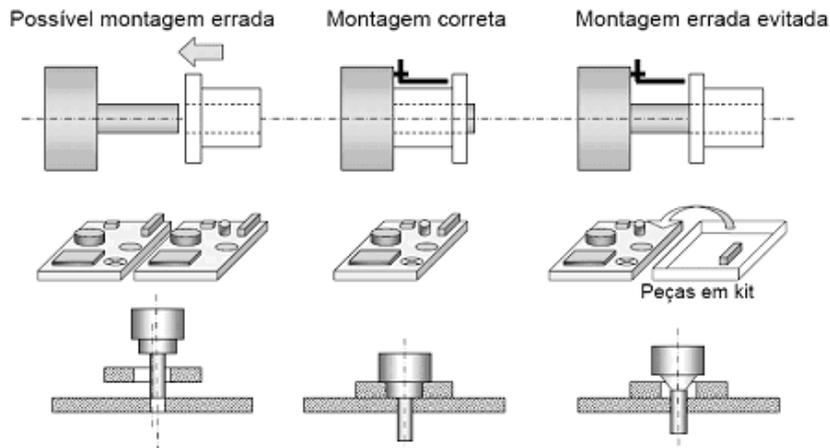


Figura 2.11 - Exemplo de *poka-yoke* de conjunto.

Fonte: Miyake (2006).

Na tabela 2.2 são ilustrados os princípios utilizados para evitar a ocorrência de falhas que serão abordados no capítulo 3 na formatação da ferramenta.

Tabela 2.2 Princípios para evitar a ocorrência de falhas em produtos ou processos.

Princípio	Objetivo	Exemplo
Eliminação	Remover a possibilidade de erro	Re-projetar o processo ou o produto para que a tarefa não seja mais necessária
Substituição	Substituir processo/material sujeito a erro por outro mais seguro e confiável	Usar robôs controlados por computador. Substituir magnésio por alumínio para evitar perigo de fogo na usinagem
Facilitação	Tornar mais fácil e óbvio às pessoas executar ações corretas do que erradas	Usar codificação por cores para facilitar identificação de componentes
Detecção	Inspecionar a conformidade da operação/produto e informar identificação de erro para imediata correção	Usar software de computador que notifica entrada de dados errados como (e.g. CFP, CEP)
Mitigação	Minimizar as consequências de ocorrência do erro	Utilizar fusíveis para circuitos sobrecarregados

Fonte: Nakajo e Kume (1985).

2.3.4 POKA-YOKE DE PRODUTO

O *poka-yoke* de produto é aquele que o usuário final do produto toma contato com ele, e impede o uso incorreto. (e.g. disquete, conforme pode ser observado na figura 2.12).



Figura 2.12 – Disquete 3.5” não pode ser colocado na posição incorreta.

Fonte: Shingo (1996).

Outra aplicação prática é a impossibilidade de remover a chave da ignição de um automóvel se a sua transmissão automática não estiver em "ponto morto". Assim, o motorista não pode cometer o erro de sair do carro em condições inseguras.

A seguir, apresentam-se alguns *poka-yokes* de produto observados na empresa alfa no setor de duas rodas: i) o sensor do cavalete lateral de estacionamento que não permite que a moto seja ligada sem o desarmamento, pois pode ocasionar a queda do condutor; ii) o sensor de ângulo possui a função de desligar a motocicleta quando a mesma atingir determinada inclinação. Evitam-se acidentes caso a motocicleta caia sobre o condutor.

Na área automobilística é normal de aplicar *poka-yoke* na concepção do projeto, de modo evitar falhas estruturais ou funcionais do sistema. A seguir, citam-se alguns *poka-yokes*: i) desenvolvimento em sistema de segurança como suspensão direção e freios; ii) o sensor de estacionamento que limita a distância mínima do pára-choque, prevenindo acidentes e custos ao usuário final; iii) o sensor do farol ligado que emite um sinal sonoro caso a porta esteja aberta e o farol esteja ligado, evitando que a bateria descarregue.

Observa-se que a literatura carece de metodologias para endereçar o *poka-yoke* no projeto do produto.

2.3.5 CLASSIFICAÇÃO DO POKA-YOKE DE PRODUTO

Com o objetivo de identificar o princípio do *poka-yoke* e a interação do *poka-yoke* com o usuário final do produto na tabela 2.3 são apresentados os *poka-yokes* de produto de modo a evitar a ocorrência de falhas com suas respectivas características.

Tabela 2.3. – Tipos do *poka-yoke* de produto

Tipo de Poka-yoke de produto	Princípio	Objetivo	Características	Exemplo
Fraco	Detecção	Inspeccionar a conformidade da operação/produto e informar identificação de erro para imediata correção	Advertência	e.g. luz do nível óleo no carro. Sinal sonoro para informar luz do farol ligado com a porta aberta.
Forte	Mitigação/ Eliminação	Minimizar as conseqüências de ocorrência do erro Remover a possibilidade de erro	Posição Segurança Movimento	Utilizar fusíveis para circuitos sobrecarregados

Com o intuito de mapear e caracterizar os *poka-yokes* existentes no dia-dia na seção seguinte será apresentado um banco de dados de campo com aplicações práticas que auxiliam a utilização do produto por parte do usuário final.

2.4 BANCO DE DADOS DE POKA-YOKE DE PRODUTO

Na revisão de literatura apresentada, não existe uma definição clara de critérios de alocação de *poka-yoke* na interface do projeto conceitual e do projeto detalhado.

Tabela 2.4. – Banco de dados *poka-yoke* de produto mapeamento de indicadores.

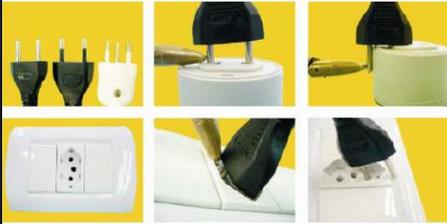
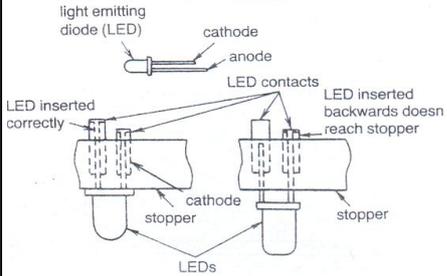
Poka-yoke de produto	Avaliação	Princípio	Características	Erro
	Funcional	Mitigação	Posição	Utilização do design do produto como forma de restringir as variações de montagem
	Funcional	Mitigação	Posição	Chanfro existente no chip do telefone celular que obriga o usuário a colocá-lo sempre na posição correta.
	Funcional	Mitigação	Posição	Não permite a soldagem reversa do diodo. Os diodos possuem terminais com dimensão diferente.
	Funcional	Mitigação	Posição	Não permite que ele seja encaixado de maneira errada.
	Não Funcional	Detecção	Advertência	Alarmes emitem um sinal sonoro avisando que uma das portas está aberta.

Tabela 2.4. – Banco de dados *poka-yoke* de produto (Continuação)

<i>Poka-yoke</i> de produto	Avaliação	Princípio	Características	Erro
	Funcional	Mitigação	Movimento	Não permite o vazamento do gás. O gás é cortado caso a chama não seja acesa em 10 s.
	Funcional	Mitigação	Movimento	Não permite que a temperatura aqueça continuamente. O ferro é desligado.
	Funcional	Mitigação	Movimento Segurança	A CD player pára de girar quando a tampa é aberta.
	Funcional	Mitigação	Movimento Segurança	A máquina para de girar quando é aberta. Para evitar acidente com as mãos.

Para que esta análise pudesse direccionar quais elementos inerentes aos produtos identificam a inserção de *poka-yoke*, foram identificados quatro critérios: i) princípio de trabalho; ii) forma; iii) segurança; iv) função. A base para a determinação destes critérios partiu dos elementos em comum identificados na análise do banco de dados.

2.5 POKA-YOKE DE PROCESSO

O *poka-yoke* de processo tem como objetivo principal a prevenção de defeitos com ênfase em perda zero. A premissa é definir padrões que possibilitem detectar falhas por uma comparação com o padrão. Algumas características serviram de

referência para alocar os *poka-yokes* como observa-se a seguir: i) pela dimensão como comprimento, altura, espessura e diâmetro e, em seguida, detectar peça defeituosa por uma comparação com o padrão; ii) pela definição do peso padrão para ser aceito e, em seguida, detectar um defeito por comparação com o padrão; iii) definir padrão de corrigir artigo com uso de forma distinta tais como, furo, borda, projeção, dobra ou a qualidade do material e, em seguida, detectar um defeito em comparação com o padrão; iv) número de detecção fixo como a pressão, corrente elétrica, temperatura ou tempo e assim por diante. Algumas aplicações estão ilustradas na figura 2.13.

Um dispositivo *poka-yoke* dentro da manufatura tem como funções básicas: i) a paralisação de um sistema produtivo (e.g. máquina, linha, equipamento); ii) o controle de características pré-estabelecidas do produto e/ou processo e a sinalização quando da detecção de anormalidades. Tais funções básicas são utilizadas para prevenir um defeito, impedindo a sua ocorrência ou detectando-o após o seu evento. (MOURA; BANZATO, 1996).

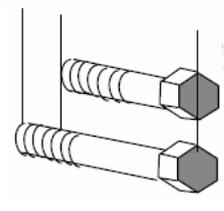
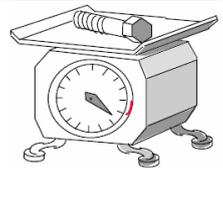
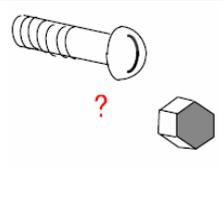
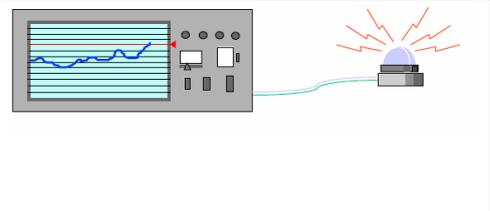
Dimensão	Peso	Forma	Número de detecção fixo
			

Figura 2.13 – Distinção de *poka-yoke* de processo por características

2.6 POKA-YOKE NA PRÁTICA

Nas linhas de montagens da empresa Alfa são realizadas inspeções em 100% dos produtos, pois existem inspetores de processo no final da linha de montagem conforme ilustrada na figura 2.14. A inspeção é realizada, de acordo com o grau de importância, através inspetores da qualidade (visual e de contato) que utilizam padrões de inspeção para verificação dos itens.

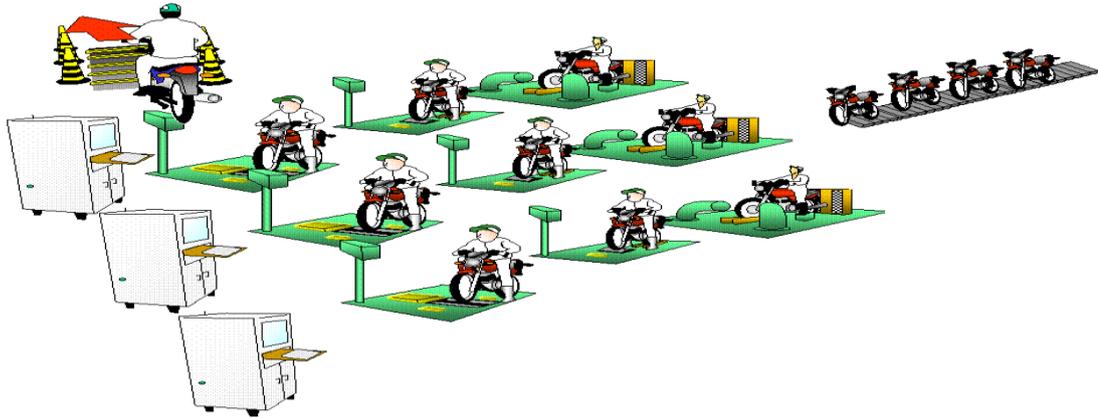


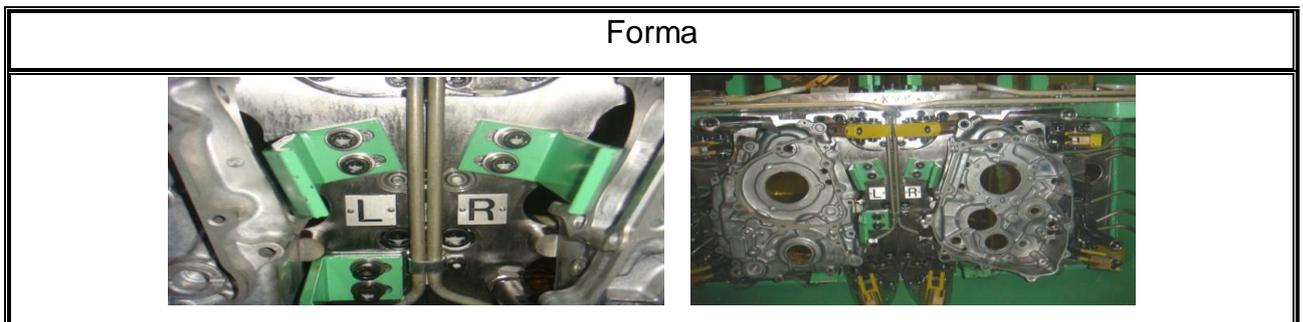
Figura 2.14 - Exemplo de *poka-yoke* - bancada de testes de inspeção 100%

2.7 POKA-YOKE NA EMPRESA ALFA

A busca por soluções pode ser feita por meio de pesquisa em produtos concorrentes ou similares apresentados em livros, catálogos, artigos, base de dados, entre outros. A seleção de soluções é feita através de métodos apropriados que tem por base as necessidades e requisitos previamente definidos conforme Rozenfeld *et al.* (2006).

Na empresa Alfa são utilizados os *poka-yokes* nos produtos e processos. Porém, não existe uma sistemática definida para alocação do *poka-yoke* de produto e processo. Na tabela 3.3 são ilustrados alguns exemplos de *poka-yoke* utilizados na empresa Alfa.

Tabela 2.5. – Distinção de *poka-yoke* de processo utilizado na Empresa Alfa



3 MAPEAMENTO DOS DADOS DE CAMPO

Durante o processo de desenvolvimento de produtos, as ferramentas para reduzir falhas são pouco estruturadas nos modelos de PDP. O principal objetivo desta investigação é identificar em qual momento do PDP o *poka-yoke* deve ser inserido como ferramentas para reduzir falhas.

Este tópico tem por finalidade capturar as informações, a partir de um instrumento de coleta de dados, relacionadas aos critérios adotados para endereçar *poka-yoke*’s durante o processo de desenvolvimento de produtos.

Para tanto, a questão central desta investigação foi definida de maneira a identificar como o *poka-yoke* é endereçado e classificado na etapa de projeto.

3.1.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Para o presente estudo, buscou-se obter informações através de uma pesquisa de campo realizada com profissionais da área de desenvolvimento de produtos. O objetivo principal foi detectar na prática em qual momento o *poka-yoke* é inserido no PDP. Para tanto, foi aplicado um questionário composto por questões objetivas, dividido em duas partes. O referido questionário encontra-se no Apêndice A.

Para a realização da pesquisa de campo foram pré-selecionados oito profissionais os quais tinham em seu portfólio o desenvolvimento de produtos. Inicialmente, explicou-se o objetivo da pesquisa, bem como a importância da contribuição destes profissionais para o desenvolvimento da ferramenta que este estudo visa apresentar.

3.1.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PROFISSIONAIS ENTREVISTADOS

Os profissionais selecionados para a entrevista desenvolvem produtos para o ramo da indústria de duas e quatro rodas. Visando manter o sigilo mencionado os nomes dos profissionais e das respectivas empresas estão no apêndice B. A caracterização esta sistematizada na tabela 3.4.

Tabela 3.1 – Caracterização dos profissionais entrevistados

Profissional	Formação	Tempo de atuação do profissional no mercado	Cargo	Tempo de atuação da empresa no mercado
1	Engenharia Mecânica	15 anos	Supervisor	6 anos
2	Engenharia Mecânica	21 anos	Eng. de Desenvolvimento de Oportunidades – Engenharia Avançada	51 anos
3	FATEC – Processos de Produção	07 anos	Tecnólogo de Aplicações	10 anos
4	Engenheiro	20 anos	Supervisor	30 anos
5	Engenharia Mecânica	04 anos	Engenheiro do Produto	32 anos
6	Engenheiro de Aplicações e Vendas	22 anos	Engenheiro Industrial Mecânico	50 anos
7	Engenharia Mecânica	1,5 anos	Eng. Produto	13 anos
8	Engenheiro Mecatrônico	30 anos	Supervisor de Engenharia	50 anos

Logo após a carta de apresentação, a qual visou esclarecer o objetivo da pesquisa e o foco central da mesma, foi feita uma breve descrição das etapas que permeiam o desenvolvimento de produtos, de modo a situar aos critérios adotados para endereçar *poka-yoke* durante o processo de desenvolvimento de produtos.

O objetivo foi criar uma linguagem comum entre todos os respondentes, de modo que, independente da nomenclatura adotada por cada profissional, todos estejam plenamente cientes dos objetivos da investigação.

3.2 COLETA DE DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O primeiro tópico específico abordado no questionário diz respeito as alternativas referentes as fases do PDP onde é realizado o endereçamento do *poka-yoke*. A definição do momento do direcionamento durante o PDP só foi possível após a aplicação do questionário.

Nas investigações realizadas nos artigos e revistas foram observadas as utilizações de dispositivos à prova de erros durante a manufatura. Os *poka-yokes* são utilizados nos programas de melhoria de desempenho dos processos de manufatura, como o Controle de Qualidade Zero Defeito conforme Calarge; Davanso, (2004); AMBRE; SUNDARAVALLI, (2004); Dvorak, (1998).

Em seguida, foram propostos cinco tipos de ferramentas utilizadas para endereçar o *poka-yoke* e deixado um espaço em branco caso houvesse alguma configuração não abordada na questão e que o entrevistado julgasse conveniente informar. Na tabela 3.2 está o resultado do endereçamento do *poka-yoke* projeto na fase do PDP, examinando as respostas individuais de cada profissional.

Tabela 3.2 – Endereçamento do *poka-yoke* nas fases do PDP.

Considerando que o processo de desenvolvimento de produto é composto de fases, em qual delas você, na sua empresa, faz o endereçamento do <i>poka-yoke</i> ?	1	2	3	4	5	6	7	8	Tt
Quando no início da produção	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Projeto informacional (Especificações-Meta, Escopo do produto)	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Projeto conceitual (Concepção do produto, desenhos iniciais)	0	0	0	1	1	1	1	1	5
Projeto detalhado (Protótipo aprovado)	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Preparação para produção (Lote piloto aprovado)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na interface entre projeto informacional e projeto conceitual	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Na interface entre projeto conceitual e projeto detalhado	0	1	1	0	1	0	0	0	3

A dificuldade central que esta tarefa envolve encontra-se na principal característica da etapa de Projeto Conceitual: informações técnicas ainda limitadas e abstratas, conforme Rozenfeld *et al.* (2006). Sendo assim, endereça-se o *poka-yoke* na interface do projeto conceitual e do projeto detalhado.

Ao analisar os resultados obtidos, foi possível perceber que há uma tendência de endereçamento na etapa do projeto conceitual e na interface do projeto conceitual e detalhado.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA OPORTUNIDADE

A competitividade das empresas no âmbito mundial se dá pela colocação no mercado de produtos com qualidade, preço compatível e prazo correto. Para que isto ocorra, empresas de classe mundial dispõem de processos de desenvolvimento de produtos bem estruturados.

Por outro lado, o mundo acadêmico, vem investigando nas últimas décadas, o processo de desenvolvimento de produtos, considerando as abordagens do método científico. Tanto o mundo acadêmico quanto o industrial buscam assegurar que o produto atenda as expectativas dos clientes.

Uma abordagem prática que visa suprir demandas mencionadas é a que foi proposta por Shingo (1996), e que se trata do *poka-yoke*. Apesar de todo seu potencial e emprego na indústria, a literatura disponível sobre o assunto ainda é escassa. Pouco se sabe em que momento do PDP devem ser feitas as considerações sobre *poka-yoke*. Também, não se dispõem de abordagens estruturadas para se alocar os *poka-yokes*, tanto no produto quanto no processo.

A empresa Alfa, por ser de origem japonesa, emprega *poka-yokes* em seus produtos e em diferentes formas. Todavia, sua alocação ainda é *ad hoc* e depende da experiência das pessoas envolvidas no processo.

A abordagem de Rozenfeld *et al.* (2006) é sistemática apresentando seqüências de métodos e técnicas para serem aplicadas desde a identificação da idéia do produto até a documentação detalhada. A inserção de *poka-yoke* no desenvolvimento carece de ferramentas para sua alocação, pois sua essência é predominantemente experimental.

Assim, conforme descrito acima, observa-se uma oportunidade de investigação para examinar a inserção dos mecanismos de *poka-yoke* de produto durante o PDP e propor uma abordagem estruturada para facilitar a inserção dos mesmos por parte de todos os envolvidos no desenvolvimento do produto (independentemente da experiência).

4 MODELO E FERRAMENTA PARA TRATAR POKA-YOKE NA INTERFACE DO PROJETO CONCEITUAL E DETALHADO DO PDP

Este capítulo apresenta as etapas empregadas para o desenvolvimento da ferramenta PYPF - Ferramenta de Avaliação do potencial de alocação de *poka-yoke* na interface do projeto conceitual e detalhado e os critérios utilizados para o funcionamento da mesma.

A proposta apresentada neste trabalho visa fornecer mecanismos para integrar o *poka-yoke* ao desenvolvimento do produto.

4.1 PROPOSTA DE ALOCAÇÃO DO POKA-YOKE NO DESENVOLVIMENTO PRODUTO - PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO

A estruturação do modelo surgiu da dificuldade de reconhecer a necessidade da alocação do *poka-yoke* no processo de desenvolvimento de produto, uma vez que a literatura carece de metodologias para endereçar o *poka-yoke* durante o processo de desenvolvimento de produto. A figura 4.1 ilustra a alocação da ferramenta.

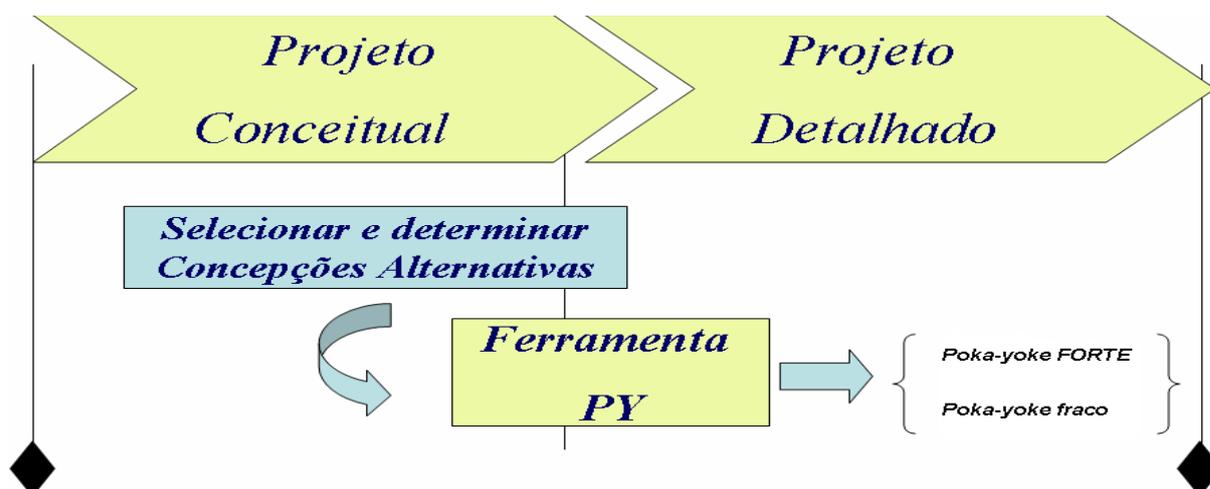


Figura 4.1 – Alocação da ferramenta no processo de desenvolvimento de produto.

A idéia foi trabalhar o conceito *poka-yoke* em conjunto com a concepção do produto. Segundo Rozenfeld, *et al.* (2006) a concepção do produto é uma descrição aproximada das tecnologias, princípios de funcionamento e formas de um produto. Geralmente, é expressa por meio de um esquema ou modelo tridimensional, que, frequentemente, pode ser acompanhado por uma explicação textual.

4.2 FUNDAMENTOS PARA A ELABORAÇÃO DO MODELO DA FERRAMENTA

Esta proposta surgiu da idéia de integrar o *poka-yoke* à metodologia de Rozenfeld esquematizada na figura 4.2.

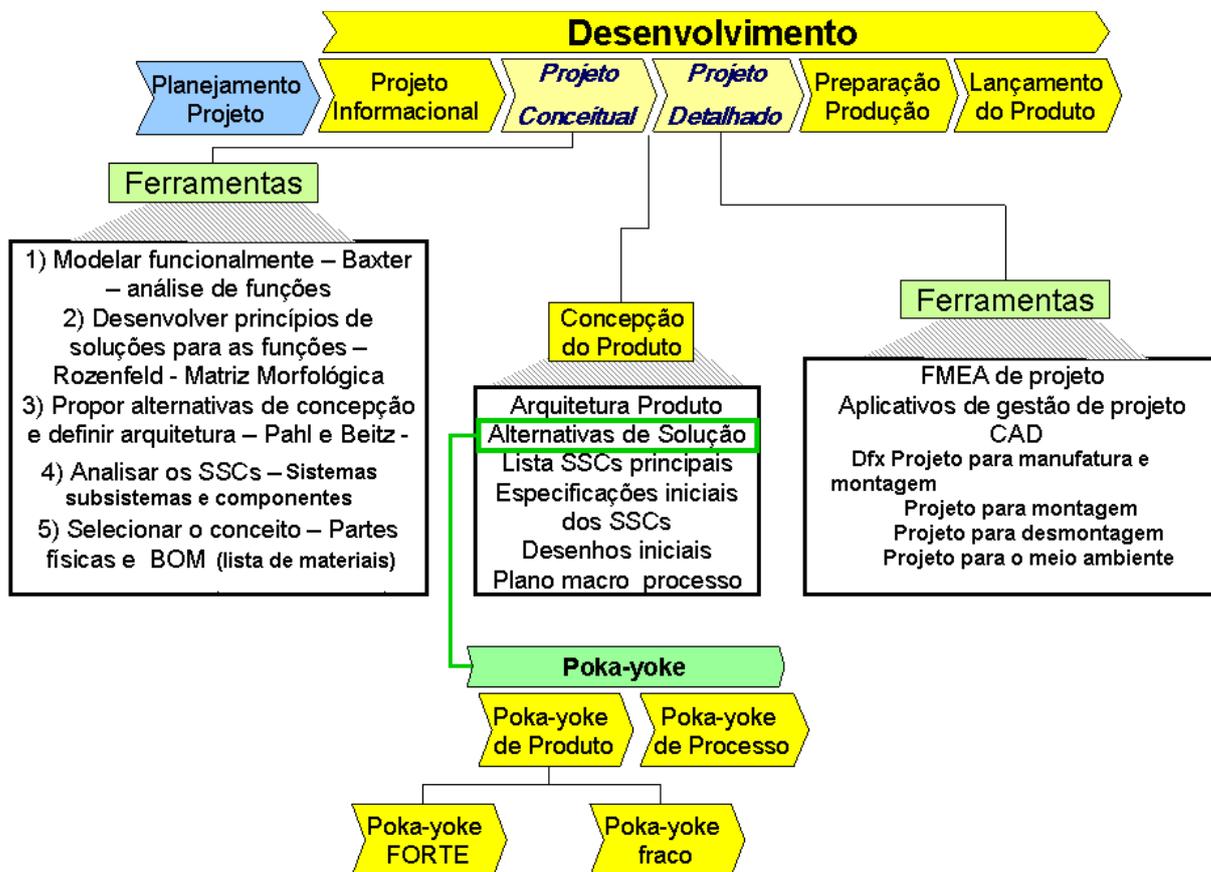


Figura 4.2 - Estrutura da proposta de integração.

A partir dos fundamentos descritos nos Capítulos 2 e 3, sobre o desenvolvimento do produto, o *poka-yoke* e o banco de dados, foram identificadas as características significativas que tem impacto no desempenho do produto ou que podem resultar em dificuldades para montar o produto. Essas características foram consolidadas em temas e desmembradas em critérios. Os tópicos identificados e

considerados relevantes são: segurança, posição de montagem, forma/peso, movimento, interação. A partir dos critérios e das características estabelecidas para cada critério, foi possível identificar atributos presentes nos produtos que contribuem para sinalizar a necessidade de *poka-yoke*.

A Tabela 4.1 apresenta o resultado desta análise na forma de uma matriz de endereçamento *poka-yoke* na interface projeto conceitual e projeto detalhado.

Tabela 4.1 – Matriz de endereçamento do *poka-yoke* nas fases do PDP.

Entrada	Itens	Temas	Saída
Seleção e Determinação da Concepção do Produto	Princípio de trabalho	Posição de montagem /segurança/ movimento/forma/peso	ALOCAÇÃO POKA-YOKE FRACO FORTE
	Elementos	Interação com o usuário	

4.3 PREMISSAS PARA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA

Para que a ferramenta possa ser aplicada, as alternativas devem obedecer algumas premissas. As alternativas geradas devem apresentar suas funções definidas para que possam ser avaliadas:

1. A concepção do produto deve está configurada conforme Rozenfeld;
2. As funções devem ser identificadas na representação da concepção;
3. Priorizar as funções que possuem interação com o usuário final;
4. Projetar o produto para ser montado de uma única forma: a correta;
5. Projetar com o número mínimo de peças.

Deve estar bem claro para a equipe de projeto, que todas as alternativas submetidas à ferramenta deverão possuir o mesmo nível de detalhamento e de representação.

4.4 LEIAUTE DA FERRAMENTA

A ferramenta foi estruturada em uma planilha de cálculo Microsoft® Office Excel. Os temas foram consolidados levando em consideração a Interação com o usuário avaliando e o princípio de trabalho. O princípio de trabalho representa as características de segurança, posição de montagem, forma/peso, movimento. O *leiaute* da ferramenta está ilustrado na figura 4.3.

FERRAMENTA PARA ALOCAÇÃO DE POKA-YOKE NA INTERFACE DO PROJETO CONCEITUAL E DETALHADO - PYPF

Semelhantemente ao FMEA é uma ferramenta para prognóstico de problemas, é um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados.

Tabela 3.2 – Princípio de trabalho

Laudo	Resposta esperada de acordo com o princípio de trabalho	Descrição
1	Pequena	O critério evidenciado não apresenta relevância significativa.
3	Moderada	O critério evidenciado influencia parcialmente na usabilidade/segurança do produto.
5	Grande	O Critério evidenciado influencia na usabilidade e garante a integridade do sistema contra danos acidentais ou maliciosos e excluem situações inseguras do espaço de soluções possíveis do sistema são ações "não deve...".

Tabela 3.3 – Interação com o usuário final

Laudo	Resposta esperada de acordo com a interação com o	Descrição
1	Pequena	Provavelmente não necessitará de interação como usuário
3	Moderada	Visual – Sinalização para o usuário final
5	Grande	Montagem/Movimento/Segurança - Posicionamento de componentes do produto

ITENS	TEMA	PESO	CRITÉRIOS	LAUDO	TOTAL	SAÍDAS	
						POKA-YOKE FORTE (justificativas)	POKA-YOKE FRACO (justificativas)
PRINCÍPIO DE TRABALHO	SEGURANÇA	3	A falha do produto compromete a segurança do usuário?				
			O produto tem função que necessita de mecanismos de segurança?				
			Afeta a segurança, o sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente				
	POSIÇÃO DE MONTAGEM	2	A montagem incorreta interfere no princípio funcional do produto?				
			O posicionamento incorreto interfere no princípio funcional do produto?				
			A concepção permite montagem fora de posição?				
			A alternativa visa simplificar ou melhorar significativamente o processo de montagem do futuro produto?				
			A forma do produto visa simplificar ou melhorar significativamente o processo de montagem do futuro produto?				
	FORMA/PESO	1	Quanto ao usuário final o posicionamento incorreto interfere no princípio funcional do produto?				
			A forma do produto interfere no princípio funcional do produto?				
	MOVIMENTO	2	O peso do produto interfere no princípio funcional?				
			Existe movimentação de elementos que podem ficar em contato com o usuário?				
Existe tendência de interação do usuário final com o produto durante movimentação das peças?							
Existe movimento elementos de partes subconjuntos do produto? Produto estático/dinâmico?							
ELEMENTOS	INTERAÇÃO	2	A função implementa interação com o usuário final?				
		Durante a interação com o usuário final há pontos de conflito?					
		Montagem/Movimento/Segurança - Posicionamento de componentes do produto					

Figura 4.3 – *Leiaute* da Ferramenta PYPF (Ferramenta de Avaliação do potencial de alocação de *poka-yoke* na interface do projeto conceitual e detalhado).

À medida que os espaços sejam preenchidos, será produzida a pontuação referente ao total, de modo que ao final tenham-se valores numéricos que sinalizem a necessidade de alocar *poka-yoke* no produto. As ponderações dos critérios utilizados na ferramenta PYPF serão descritos na seção 4.5.

4.5 FLUXO DE UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA

De forma a sistematizar a utilização da ferramenta PYPF foi elaborado um fluxograma visando auxiliar a equipe de projeto no processo de decisão quanto à necessidade de alocar *poka-yoke* no processo de desenvolvimento de produto. Para isto, são previstas cinco etapas ilustradas na figura 4.4:

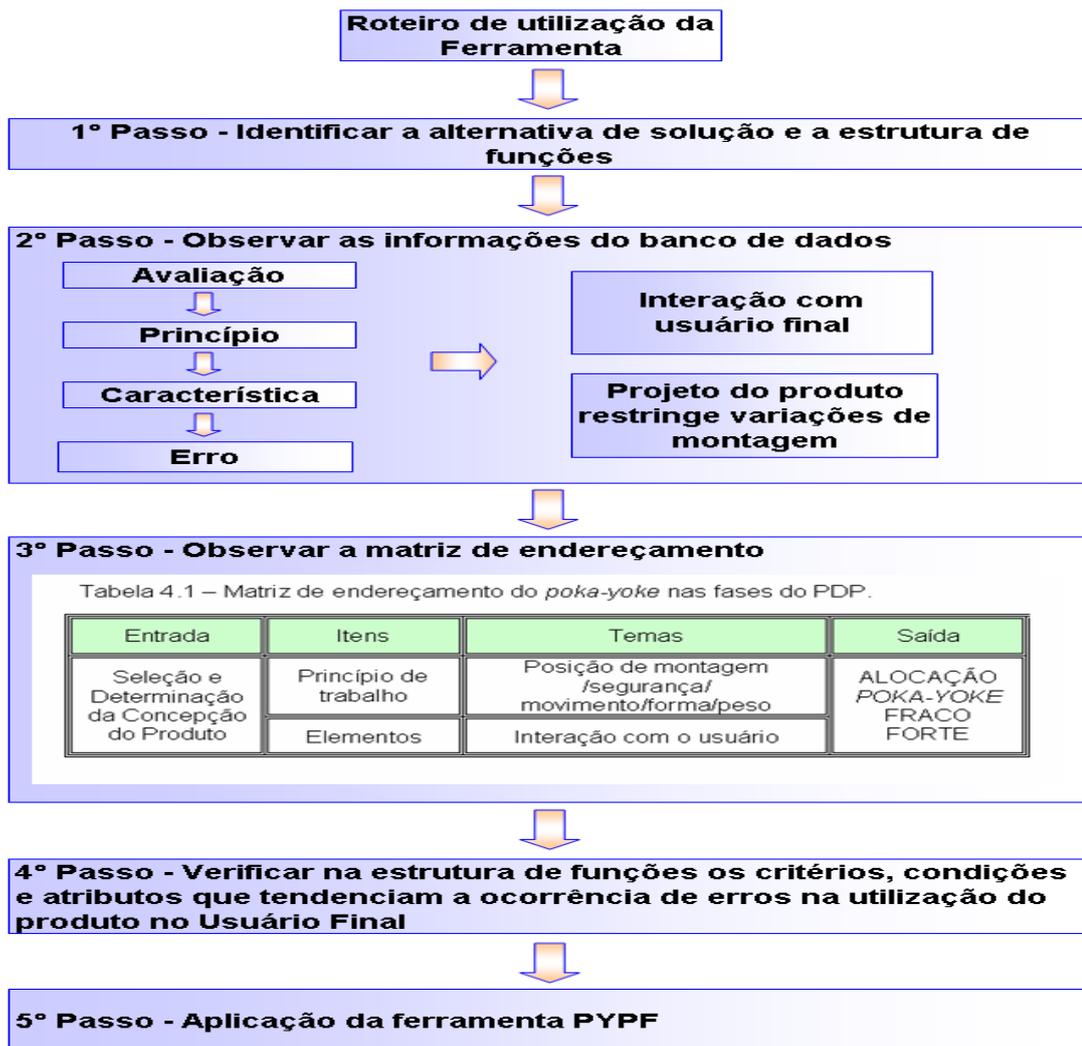


Figura 4.4 – Fluxo de utilização da Ferramenta (Ferramenta de Avaliação do potencial de alocação de *poka-yoke* na interface do projeto conceitual e detalhado).

4.6 DIRETRIZES PARA USO DA FERRAMENTA

A pontuação da ferramenta PYPF, bem como o peso dos critérios está atrelada às características mapeadas no banco de dados e o grau de contato e conseqüências das falhas com relação ao usuário final. Para elaboração do *leiaute* foi utilizada a estrutura e recursos utilizados no FMEA (Análise dos Modos de Falha e Efeitos).

Semelhantemente ao FMEA, é uma ferramenta para prognóstico de problemas. É um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados. Os critérios de avaliação estarão disponíveis em uma outra planilha vinculada à planilha de aplicação da ferramenta.

De acordo com o FMEA, a severidade é a classificação associada ao efeito mais grave para um dado modo de falha. Altos graus de severidade indicam que o modo de falha correspondente tende a produzir efeitos que ameaçam a segurança do cliente.

A ferramenta é composta por dois tópicos: o princípio de trabalho e elementos. Sendo assim, foi proposta uma escala para mensurar os pesos dos temas de acordo com o grau de importância e impacto ao usuário final, os quais seguem os seguintes passos e ponderações:

1º Passo: Laudo do Princípio de Trabalho: são características do produto, de geometria e de material, e a combinação destes. O item Princípio de Trabalho é subdividido em cinco temas (posição de montagem, segurança, movimento, forma/peso) e elementos (interação com o usuário): As pontuações com os respectivos critérios estão dispostas na tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Proposta de pontuação para Princípio de Trabalho

Laudo	Resposta esperada de acordo com o Princípio de Trabalho	Descrição
1	Pequena	O critério evidenciado não apresenta relevância significativa
3	Moderada	O critério evidenciado influência parcialmente na usabilidade/segurança do produto.
5	Grande	Montagem/Movimento/Segurança - Posicionamento de componentes do produto

2º Passo: Laudo da Interação do Usuário: são os critérios para mensurar a interação com o usuário final para assegurar o funcionamento. Estão dispostos na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Proposta de pontuação para Interação com o Usuário Final

Laudo	Resposta esperada de acordo com a interação com o usuário final	Descrição
1	Pequena	Provavelmente não necessitará de interação com o usuário
3	Moderada	Visual – Sinalização para o usuário final
5	Grande	Montagem/Movimento/Segurança - Posicionamento de componentes do produto

Em seguida, foram subdivididos o Princípio de Trabalho e Elementos em temas e questionamentos com o intuito de para mapear e observar a fronteira de interface do usuário com o produto. As perguntas surgiram da análise e observação do banco de dados verificando os princípios em alguns exemplos práticos de *poka-yoke de produto*.

3º Passo: O conceito total descrito na ferramenta

$$\text{Total} = (\text{peso_do_tema} * \text{laudo_do_critério})$$

4º Passo: Ponderação do conceito da necessidade descrito na ferramenta

$$\text{Necessidade} = \sum (\text{peso_do_tema} * \text{laudo_do_critério})$$

Desta forma, propõe-se uma escala de avaliação para cada critério, sinalizando a necessidade para alocar *poka-yoke* ilustrada na tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Conceitos para avaliação da necessidade de utilizar *poka-yoke*

Conceito	Intervalo de Classificação	Princípio	<i>Poka-yoke</i>
(A) Essencial	140 < n ≤ 175	Mitigação/Eliminação	Forte
(B) Relevante	70 < n ≤ 140		
(C) Pouco relevante	35 < n ≤ 70	Detecção	Fraco
(D) Irrelevante	n ≤ 35	Os critérios evidenciados não apresentam relevância significativa	

4.7 VALIDAÇÃO DE CRITÉRIOS EM SITUAÇÕES ESPECIAIS

A ferramenta permite a avaliação total, a partir da soma dos pesos dos critérios. Em algumas circunstâncias podem ocorrer situações nas quais seja necessário recorrer ao uso de outras ferramentas para obter um resultado final vindo a complementar os resultados obtidos a partir da ferramenta proposta.

- a) Quando nenhuma célula é preenchida: neste caso, é indicado que a equipe de projeto interrompa o processo e retorne à fase de geração de alternativas. Esta constatação prova que as alternativas existentes no espaço solução em questão não apresentam critérios que aperfeiçoem a usabilidade do produto;
- b) Ausência de preenchimento das células de um ou mais critérios: o critério não apresenta relevância significativa dentro do contexto do projeto em questão. Portanto, o não preenchimento das suas células assumirá o valor unitário para que não acarrete em prejuízo durante a avaliação;
- c) Preenchimento das células de apenas um critério: a equipe deverá verificar, nas especificações de projeto a necessidade de inclusão dos demais temas abordados na ferramenta.

4.8 APLICAÇÃO ILUSTRATIVA DA FERRAMENTA POKA-YOKE NO PDP

A aplicação preliminar da ferramenta PYPF tem como pressuposto fornecer mecanismos para alocar *poka-yoke* no PDP. Assim, projetistas poderão consultá-las para novos desenvolvimentos. Neste caso, tem-se a lavadora de roupas, cuja escolha foi aleatória.

O procedimento de uso da ferramenta ocorre conforme citado na seção 4.5. As funções que possuem interação com o usuário final e a alternativa de concepção do produto, obtido da interface do projeto conceitual e detalhado estão descritas nas figuras 4.5 e 4.6.

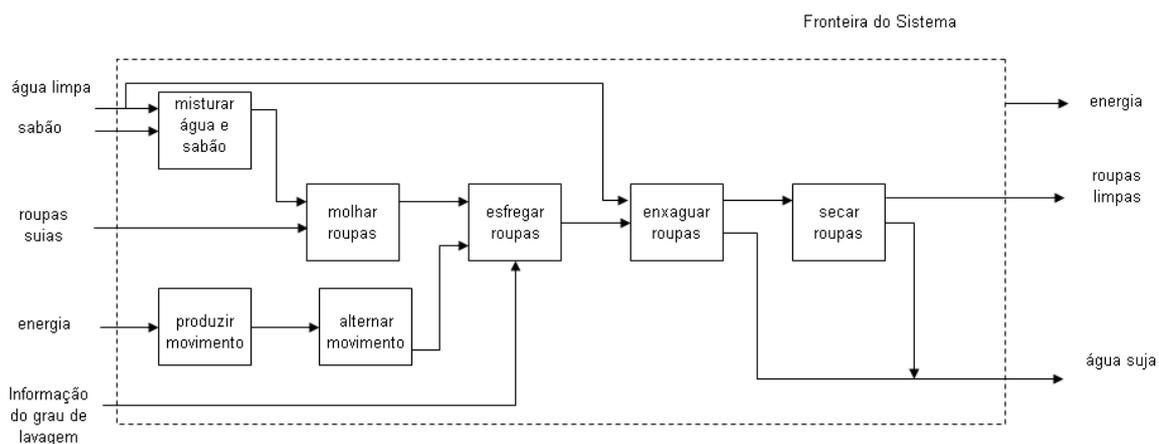


Figura 4.5 – Estrutura das funções para lavar roupas.

Fonte: Rozenfeld *et al.*, 2006.



Figura 4.6 – Produto utilizado para aplicação descritiva da ferramenta.

Verificação do atendimento das premissas descritas na seção 3.3:

Premissa 1: a concepção do produto está configurada conforme Rozenfeld, ou seja o resultado obtido a partir da interface do projeto conceitual e detalhado.

Premissa 2: as funções estão identificadas na representação da concepção, conforme figura 4.5;

Premissa 3: priorização das funções que possuem interação com o usuário final;

Na lavadora de roupas foram priorizadas as funções que possuem interação com o usuário. Inicialmente, foram observados os critérios relacionados à segurança, posição de montagem, forma/peso, movimento e interação com o usuário. Pode-se citar: a movimentação das peças e intervenção do usuário durante o processamento;

Premissas 4 e 5: o projetista deverá considerar a condição para que o produto possa ser montado de uma única forma: a correta. Também, se projetado com o número mínimo de peças.

Observação no banco de dados da seção 2.3.4.1 as colunas: a) **avaliação** - que observa características funcionais e/ou não funcionais; b) **princípio** - identifica os princípios para evitar a ocorrência de falhas; c) **características** - as quais sinalizam a presença *poka-yoke*. Na figura 4.7 é ilustrado uma aplicação prática da consulta do banco de dados.

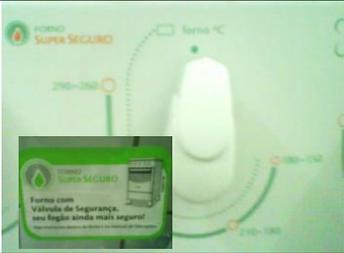
Poka-yoke de produto	Avaliação	Princípio	Características	Erro
	Funcional	Mitigação	Movimento	Não permite o vazamento do gás. O gás é cortado caso a chama não seja acesa em 10 s.
	Funcional	Mitigação	Movimento	Não permite que a temperatura aqueça continuamente. O ferro é desligado.
	Funcional	Mitigação	Movimento Segurança	A CD player para de girar quando a tampa é aberta.
	Funcional	Mitigação	Movimento Segurança	A máquina para de girar quando é aberta. Para evitar acidente com as mãos.

Figura 4.7 – Exemplo da consulta do banco de dados

A seguir será ilustrado um exemplo da utilização da ferramenta. Através do preenchimento da ferramenta PYPF avaliando os critérios e os laudos para os itens (segurança, posição de montagem, forma/peso, movimento, interação).

FERRAMENTA PARA ALOCAÇÃO DE POKA-YOKE NA INTERFACE DO PROJETO CONCEITUAL E DETALHADO - PYPF

Semelhantemente ao FMEA é uma ferramenta para prognóstico de problemas, é um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados.

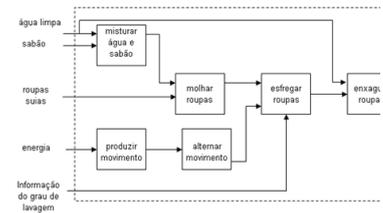
Tabela 3.2 – Princípio de trabalho

Laudo	Resposta esperada de acordo com o princípio de trabalho	Descrição
1	Pequena	O critério evidenciado não apresenta relevância significativa.
3	Moderada	O critério evidenciado influencia parcialmente na usabilidade/segurança do produto.
5	Grande	O Critério evidenciado influencia na usabilidade e garante a integridade do sistema contra danos acidentais ou maliciosos e excluem situações inseguras do espaço de soluções possíveis do sistema são ações "não deve...".



Tabela 3.3 – Interação com o usuário final

Laudo	Resposta esperada de acordo com a interação com o	Descrição
1	Pequena	Provavelmente não necessitará de interação como usuário
3	Moderada	Visual – Sinalização para o usuário final
5	Grande	Montagem/Movimento/Segurança - Posicionamento de componentes do produto



ITENS	TEMA	PESO	CRITÉRIOS	LAUDO	TOTAL	JUSTIFICATIVA DA ATRIBUIÇÃO DO CONCEITO
PRINCÍPIO DE TRABALHO	SEGURANÇA	3	A falha do produto compromete a segurança do usuário?	5	15	Interação do usuário
			O produto tem função que necessita de mecanismos de segurança?	5	15	
			Afeta a segurança, o sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente	5	15	
	POSIÇÃO DE MONTAGEM	2	A montagem incorreta interfere no princípio funcional do produto?	5	10	
			O posicionamento incorreto interfere no princípio funcional do produto?	5	10	
			A concepção permite montagem fora de posição?	5	10	
			A alternativa visa simplificar ou melhorar significativamente o processo de montagem do futuro produto?	5	10	
			A forma do produto visa simplificar ou melhorar significativamente o processo de montagem do futuro produto?	5	10	
			Quanto ao usuário final o posicionamento incorreto interfere no princípio funcional do produto?	5	10	
	FORMA/PESO	1	A forma do produto interfere no princípio funcional do produto?	5	5	
			O peso do produto interfere no princípio funcional?	5	5	
	MOVIMENTO	2	Existe movimentação de elementos que podem ficar em contato como o usuário?	5	10	
Existe tendência de interação do usuário final com o produto durante movimentação das peças?			5	10		
Existe movimento elementos de partes subconjuntos do produto? Produto estático/dinâmico?			5	10		
ELEMENTOS	INTERAÇÃO	2	A função implementa interação com o usuário final?	5	10	
			Durante a interação é necessário alinhamento dos subcomponentes?	5	10	
			Montagem/Movimento/Segurança - Posicionamento de componentes do produto	5	10	
				NECESSIDADE	175	

Figura 4.8.- Resultado da utilização da ferramenta

A partir de uma aplicação preliminar, foi possível perceber como a ferramenta avalia e direciona alocação do *poka-yoke* de produto.

Constatou-se que o resultado da aplicação da ferramenta PYPF nos seus temas segurança, posição de montagem, forma/peso, movimento, interação com isto, o produto a ser manufaturado sinaliza a necessidade da inserção de *poka-yoke* no desenvolvimento do produto, pois de acordo com a tabela 4.4 a ferramenta

apresenta necessidade 175 que corresponde a grau B (Relevante) sinalizando a alocação de *poka-yoke* forte.

4.9 ANÁLISE DO MODELO E FERRAMENTA POKA-YOKE NO PDP

A ferramenta PYPF foi mapeada experimentalmente por meio do produto que possui *poka-yoke forte*. Após a aplicação da ferramenta, foi possível observar quais foram os pontos fortes e pontos fracos da concepção e como estes pontos fortes tiveram peso no processo de avaliação. Obtiveram-se as seguintes percepções: i) sua estrutura é adaptável a novos temas ou modificada com outros conteúdos e novos tópicos; ii) verificou-se a aderência dos temas da ferramenta PYPF para sinalizar nas alternativas de concepção do produto, a necessidade do *poka-yoke*.

A ferramenta PYPF, nos seus temas princípio de trabalho (segurança, posição de montagem, forma/peso, movimento, interação) e interação com o usuário, não foi exaustiva no que se referem aos critérios do projeto para inserção de *poka-yoke*.

5 APLICAÇÃO EXPERIMENTAL DA FERRAMENTA POKA-YOKE NA ETAPA DE PROJETO

Neste capítulo, será apresentada a aplicação da ferramenta dentro de um cenário específico, através de um experimento aplicado a projetistas. O objetivo principal foi verificar como a ferramenta se comporta diante de uma situação de projeto. Também, espera-se capturar as percepções destes profissionais quanto ao uso de uma ferramenta que possibilite sistematizar o processo de alocação de *poka-yoke* no processo de desenvolvimento de produtos na interface do projeto conceitual e projeto detalhado.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Para a realização do mesmo, foram convidadas quatro pessoas, sendo dois com grande experiência em desenvolvimento de produtos e dois com média experiência no processo no desenvolvimento de produto que trabalham com manutenção. Na tabela 5.1 tem-se a descrição da formação acadêmica dos profissionais.

Tabela 5.1 – Descrição dos profissionais que participaram do experimento.

Profissional	Formação Acadêmica	Tempo de atuação do profissional no mercado
1	Engenharia Mecânica	05 anos
2	Engenharia Mecânica	04 anos
3	Tecnólogo em Projetos	07 anos
4	Engenharia Mecânica	07 anos

O experimento ocorreu em ambiente controlado, no qual foi proposta uma situação de projeto, com cenário definido e com alternativa já concebida. O experimento consistiu então em observar o potencial de inserir *poka-yokes* na interface do projeto conceitual e projeto detalhado durante o desenvolvimento de produto.

Para que os grupos estivessem cientes do que seria caracterizado como *poka-yoke* de produto, foi repassado o conceito apresentado na seção 2.3.4.

5.1.1 CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO E DAS ALTERNATIVAS

Os profissionais receberam um documento o qual continha o cenário do projeto, com a concepção do produto e estrutura da função.

O cenário de projeto aplicado no experimento refere-se a um produto desenvolvido para transportar em duas rodas. A empresa fabricante neste caso, denominada de Empresa Alfa, trabalha com produtos de duas rodas.

Inicialmente foi realizada uma apresentação na qual foi salientado o objetivo do experimento – utilização de um conjunto de mecanismos para validar a necessidade de avaliação do *poka-yoke* de produto - na interface do Projeto Conceitual e Projeto Detalhado.

O experimento foi realizado nas dependências da Empresa Alfa. Foi solicitado que o profissional, ao avaliar o critério, justificasse. Os profissionais receberam a ferramenta e as equipes foram orientadas a respeito do preenchimento das células da ferramenta. Tiveram o tempo de aproximadamente trinta minutos para a realização da tarefa.

Após a aplicação da ferramenta, as equipes receberam o questionário de avaliação, o qual se apresenta dividido em duas etapas: i) na primeira parte relaciona-se a familiaridade dos participantes com as metodologias de projeto; ii) a segunda etapa a percepção dos profissionais na utilização da ferramenta.

A estrutura da função está descrita na figura 5.1 e a figura 5.2 ilustra a proposta da concepção do produto, que consiste de um veículo para transportar pessoas em duas rodas.

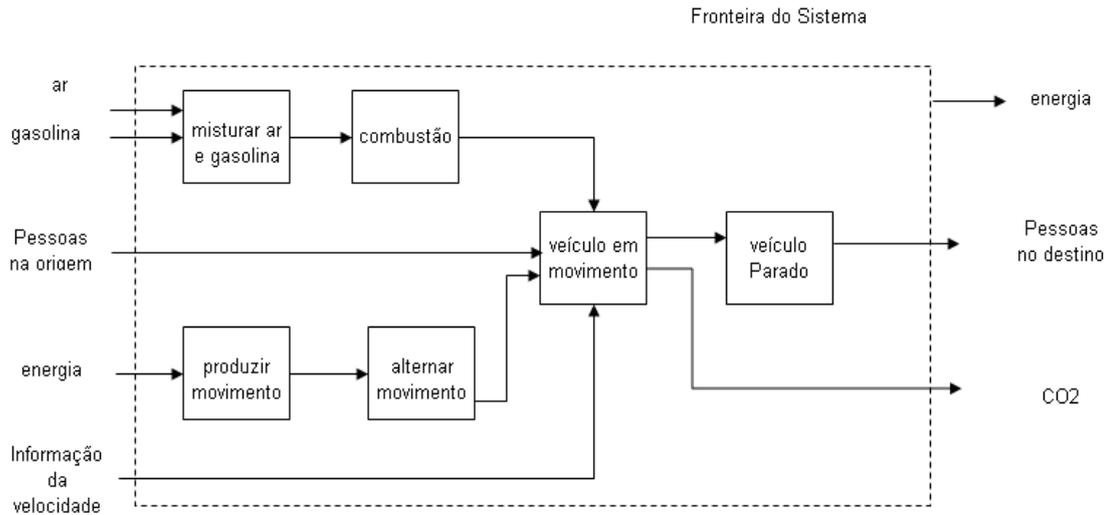


Figura 5.1 – Estrutura das funções para transporte motorizado de pessoas em duas rodas



Figura 5.2 – Concepção do veículo de transporte em duas rodas.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE COLETA DE INFORMAÇÕES

Durante a aplicação da ferramenta foi deixada evidente a inexistência da alternativa mais ou menos certa. Foram exibidas nas planilhas que continham a pontuação total e parcial das alternativas. Coube a cada profissional fazer sua própria avaliação, com base nos critérios pré-estabelecidos pela ferramenta. E após a avaliação de cada item, o laudo final da ferramenta sinalizando a necessidade de alocação de *poka-yoke*.

As Tabelas 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 apresentam a pontuação total e parcial (por critério) obtida por cada profissional na utilização da ferramenta. E em seguida na tabela 5.6 tem-se o fechamento dos dados obtidos na resolução do experimento.

Tabela 5.2 – Resultado da utilização da ferramenta pelo profissional 1.

ITENS	TEMA	PESO	CRITÉRIOS	LAUDO	TOTAL	JUSTIFICATIVA DA ATRIBUIÇÃO DO CONCEITO
PRINCÍPIO DE TRABALHO	SEGURANÇA	3	A falha do produto compromete a segurança do usuário?	5	15	Interação direta com o usuário
			O produto tem função que necessita de mecanismos de segurança?	5	15	Interação direta com o usuário
			Afeta a segurança, o sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente	5	15	Interação direta com o usuário
	POSIÇÃO DE MONTAGEM	2	A montagem incorreta interfere no princípio funcional do produto?	1	2	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			O posicionamento incorreto interfere no princípio funcional do produto?	1	2	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			A concepção permite montagem fora de posição?	3	6	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			A alternativa visa simplificar ou melhorar significativamente o processo de montagem do futuro produto?	1	2	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			A forma do produto visa simplificar ou melhorar significativamente o processo de montagem do futuro produto?	1	2	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			Quanto ao usuário final o posicionamento incorreto interfere no princípio funcional do produto?	1	2	O usuário não interage com o tema posição de montagem
	FORMA/PESO	1	A forma do produto interfere no princípio funcional do produto?	1	1	A forma do produto
			O peso do produto interfere no princípio funcional?	1	1	O critério não tem relevância
	MOVIMENTO	2	Existe movimentação de elementos que podem ficar em contato com o usuário?	5	10	Interação direta com o usuário
Existe tendência de interação do usuário final com o produto durante movimentação das peças?			5	10	Interação direta com o usuário	
Existe movimento elementos de partes subconjuntos do produto? Produto estático/dinâmico?			5	10	Interação direta com o usuário	
ELEMENTOS	INTERAÇÃO	A função implementa interação com o usuário final?	5	10	Interação direta com o usuário	
		Durante a interação é necessário alinhamento dos subcomponentes?	5	10	O critério não tem relevância	
		Existe interação no posicionamento de componentes do produto	5	10	Interação direta com o usuário	
				NECESSIDADE	123	

Tabela 5.3 – Resultado da utilização da ferramenta pelo profissional 2.

ITENS	TEMA	PESO	CRITÉRIOS	LAUDO	TOTAL	JUSTIFICATIVA DA ATRIBUIÇÃO DO CONCEITO
PRINCÍPIO DE TRABALHO	SEGURANÇA	3	A falha do produto compromete a segurança do usuário?	5	15	Interação direta com o usuário
			O produto tem função que necessita de mecanismos de segurança?	5	15	Interação direta com o usuário
			Afeta a segurança, o sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente	5	15	Interação direta com o usuário
	POSIÇÃO DE MONTAGEM	2	A montagem incorreta interfere no princípio funcional do produto?	3	6	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			O posicionamento incorreto interfere no princípio funcional do produto?	3	6	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			A concepção permite montagem fora de posição?	3	6	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			A alternativa visa simplificar ou melhorar significativamente o processo de montagem do futuro produto?	3	6	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			A forma do produto visa simplificar ou melhorar significativamente o processo de montagem do futuro produto?	1	2	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			Quanto ao usuário final o posicionamento incorreto interfere no princípio funcional do produto?	3	6	O usuário não interage com o tema posição de montagem
	FORMA/PESO	1	A forma do produto interfere no princípio funcional do produto?	1	1	A forma do produto
			O peso do produto interfere no princípio funcional?	1	1	O critério não tem relevância
	MOVIMENTO	2	Existe movimentação de elementos que podem ficar em contato com o usuário?	5	10	Interação direta com o usuário
Existe tendência de interação do usuário final com o produto durante movimentação das peças?			1	2	Interação direta com o usuário	
Existe movimento elementos de partes subconjuntos do produto? Produto estático/dinâmico?			5	10	Interação direta com o usuário	
ELEMENTOS	INTERAÇÃO	A função implementa interação com o usuário final?	5	10	Interação direta com o usuário	
		Durante a interação é necessário alinhamento dos subcomponentes?	5	10	O critério não tem relevância	
		Existe interação no posicionamento de componentes do produto	5	10	Interação direta com o usuário	
				NECESSIDADE	131	

Tabela 5.4 – Resultado da utilização da ferramenta pelo profissional 3.

ITENS	TEMA	PESO	CRITÉRIOS	LAUDO	TOTAL	JUSTIFICATIVA DA ATRIBUIÇÃO DO CONCEITO
PRINCÍPIO DE TRABALHO	SEGURANÇA	3	A falha do produto compromete a segurança do usuário?	5	15	Interação direta com o usuário
			O produto tem função que necessita de mecanismos de segurança?	5	15	Interação direta com o usuário
			Afeta a segurança, o sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente	1	3	Interação direta com o usuário
	POSIÇÃO DE MONTAGEM	2	A montagem incorreta interfere no princípio funcional do produto?	3	6	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			O posicionamento incorreto interfere no princípio funcional do produto?	3	6	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			A concepção permite montagem fora de posição?	1	2	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			A alternativa visa simplificar ou melhorar significativamente o processo de montagem do futuro produto?	3	6	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			A forma do produto visa simplificar ou melhorar significativamente o processo de montagem do futuro produto?	1	2	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			Quanto ao usuário final o posicionamento incorreto interfere no princípio funcional do produto?	3	6	O usuário não interage com o tema posição de montagem
	FORMA/PESO	1	A forma do produto interfere no princípio funcional do produto?	1	1	A forma do produto
			O peso do produto interfere no princípio funcional?	1	1	O critério não tem relevância
	MOVIMENTO	2	Existe movimentação de elementos que podem ficar em contato como o usuário?	5	10	Interação direta com o usuário
Existe tendência de interação do usuário final com o produto durante movimentação das peças?			1	2	Interação direta com o usuário	
Existe movimento elementos de partes subconjuntos do produto? Produto estático/dinâmico?			1	2	Interação direta com o usuário	
ELEMENTOS	INTERAÇÃO	A função implementa interação com o usuário final?	3	6	Interação direta com o usuário	
		Durante a interação é necessário alinhamento dos subcomponentes?	1	2	O critério não tem relevância	
		Existe interação no posicionamento de componentes do produto	1	2	Interação direta com o usuário	
				NECESSIDADE	87	

Tabela 5.5 – Resultado da utilização da ferramenta pelo profissional 4.

ITENS	TEMA	PESO	CRITÉRIOS	LAUDO	TOTAL	JUSTIFICATIVA DA ATRIBUIÇÃO DO CONCEITO
PRINCÍPIO DE TRABALHO	SEGURANÇA	3	A falha do produto compromete a segurança do usuário?	5	15	Interação direta com o usuário
			O produto tem função que necessita de mecanismos de segurança?	3	9	Interação direta com o usuário
			Afeta a segurança, o sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente	5	15	Interação direta com o usuário
	POSIÇÃO DE MONTAGEM	2	A montagem incorreta interfere no princípio funcional do produto?	5	10	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			O posicionamento incorreto interfere no princípio funcional do produto?	5	10	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			A concepção permite montagem fora de posição?	3	6	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			A alternativa visa simplificar ou melhorar significativamente o processo de montagem do futuro produto?	3	6	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			A forma do produto visa simplificar ou melhorar significativamente o processo de montagem do futuro produto?	3	6	O usuário não interage com o tema posição de montagem
			Quanto ao usuário final o posicionamento incorreto interfere no princípio funcional do produto?	5	10	O usuário não interage com o tema posição de montagem
	FORMA/PESO	1	A forma do produto interfere no princípio funcional do produto?	3	3	A forma do produto
			O peso do produto interfere no princípio funcional?	3	3	O critério não tem relevância
	MOVIMENTO	2	Existe movimentação de elementos que podem ficar em contato como o usuário?	3	6	Interação direta com o usuário
Existe tendência de interação do usuário final com o produto durante movimentação das peças?			3	6	Interação direta com o usuário	
Existe movimento elementos de partes subconjuntos do produto? Produto estático/dinâmico?			3	6	Interação direta com o usuário	
ELEMENTOS	INTERAÇÃO	A função implementa interação com o usuário final?	3	6	Interação direta com o usuário	
		Durante a interação é necessário alinhamento dos subcomponentes?	1	2	O critério não tem relevância	
		Existe interação no posicionamento de componentes do produto	3	6	Interação direta com o usuário	
				NECESSIDADE	125	

Tabela 5.6 – Consolidação dos resultados da aplicação da ferramenta por cada profissional por participantes.

TEMAS	Profissional1	Profissional2	Profissional3	Profissional4
Segurança	45	45	33	39
Posição de montagem	16	32	28	48
Forma e Peso	2	2	2	6
Movimento	30	22	14	18
Interação com o usuário	30	30	10	14
TOTAL	123	131	87	125
	70%	74,8%	49,7%	71,4%

Em seguida, é observada na tabela 5.7 a pontuação total do sistema. Para todos os profissionais a ferramenta, neste caso, sinalizou conforme tabela 4.4 a necessidade de alocar *poka-yoke* forte na interface do projeto conceitual e detalhado. Foi observado que o uso de uma ferramenta de projeto direciona e sinaliza a necessidade de inserir *poka-yoke*.

Tabela 5.7 – Conceitos para avaliação da necessidade de utilizar *poka-yoke* (aplicação descritiva)

Conceito	Intervalo de Classificação	Princípio	<i>Poka-yoke</i>
(A) Essencial.	140<n≤175	Mitigação/Eliminação	Forte
(B) Relevante;	70<n≤140		
(C) Pouco relevante;	35<n≤70	Detecção	Fraco
(D) Irrelevante.	n≤35	Os critérios evidenciados não apresentam relevância significativa	

Os principais critérios adotados pelos profissionais estavam relacionados à segurança, posição de montagem, movimento e interação com o usuário.

5.3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos durante o experimento.

5.3.1 AVALIAÇÃO DA TAREFA PROPOSTA

Esta seção visou identificar como os participantes avaliaram a tarefa e sinalizaram a possibilidade de alocar *poka-yoke* de produto. Para isso foi apresentado um questionário para cada profissional. O referido questionário encontra-se no Apêndice C.

A segunda questão desta seção esteve relacionada ao conceito do *poka-yoke* de produto apresentada no início da tarefa. Todos os participantes afirmaram ter compreendido esta definição.

A terceira questão esteve relacionada às informações repassadas aos participantes através do cenário de projeto proposto.

Para os profissionais a tarefa ficou clara, mas, foi possível perceber a carência e algumas dificuldades que muitas equipes de projeto enfrentam por não utilizarem usualmente ferramentas que auxiliem a tomada de decisão.

5.3.2 AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA

A primeira fase diz respeito à interface da ferramenta e à sua assimilação pelos profissionais no momento de uso afirmaram ter assimilado facilmente a mesma

A segunda fase procurou verificar a facilidade de uso e o entendimento da ferramenta por parte de cada profissional. O profissional 2 descreveu ter tido um pouco de dúvida inicialmente com relação aos diferentes laudos do principio de trabalho e interação do usuário. Neste quesito, o profissional 2 sugeriu a unificação destes laudos.

Os profissionais 2 e 4 tiveram dúvida se o tema avaliação de posição de montagem estava direcionado ao *poka-yoke* de processo.

A terceira fase abordou diretamente os critérios, de modo a identificar se estes estavam claros.

A última etapa visou identificar se a avaliação da ferramenta conseguiu identificar a oportunidade de inserir *poka-yoke* no processo de desenvolvimento do produto. Através do resultado do laudo final (total) da ferramenta observou-se a

sinalização de alocar o *poka-yoke* de produto no processo de desenvolvimento de produto.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento não pode ser registrado através de fotos devido à política de segurança da empresa.

Outra questão levantada nesta etapa do experimento foi a possibilidade futura de haver maiores desmembramentos dos critérios e temas apresentados outra oportunidade de aplicação foi a utilização da ferramenta para projeto de software.

A ferramenta, de certo modo, tira o caráter intuitivo deste processo e passa a dar um aspecto qualitativo e objetivo ao processo de seleção de alternativas.

A ferramenta permitiu aos grupos identificar a possibilidade de inserir *poka-yoke* de produto sistematicamente. Esta avaliação foi obtida por meio de temas e relacionada ao desempenho do produto e das características significativas de projeto.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com o exame da literatura e levantamento de campo acerca de *poka-yoke* foram extraídas as suas principais contribuições bem como o momento adequado para a sua alocação durante o desenvolvimento do produto.

Houve iniciativas de contato com instituto de ensino focado em *poka-yoke*, com a empresa de projetos da empresa alfa e profissionais de outras empresas que trabalham com desenvolvimento, examinando a abordagem de *poka-yoke* durante o processo de desenvolvimento do produto na busca do complemento da fundamentação teórica, porém, sem sucesso.

Com base nas informações levantadas este modelo possibilitou sistematizar o processo de inserção de *poka-yoke* na interface do projeto conceitual e detalhado focando especialmente nas características de desempenho e montagem do produto no usuário final. Ou seja, a alocação do *poka-yoke* prevista no produto otimizando o processo de utilização e fabricação.

A disponibilidade de inserir uma etapa que avaliará a possibilidade de alocar *poka-yoke* durante o processo de projeto, permite que a equipe de projeto tenha uma postura que contemple as alternativas de solução. O questionário aplicado à profissionais que atuam com desenvolvimento de produto contribuiu para sinalizar em qual momento o *poka-yoke* de produto poderia ser inserido na interface do projeto conceitual e detalhado. A análise realizada no banco de dados contribuiu para a determinação dos temas e critérios que serviram de base para a construção da ferramenta. A partir destas informações foi possível, estruturar a ferramenta e verificar seu comportamento numa primeira aplicação descritiva. Com base nas informações levantadas um modelo para a sinalizar a disponibilidade de alocar *poka-yoke* de produto foi desenvolvido e testado.

A ferramenta proposta, mediante algumas adaptações, tem condições de ser utilizada na prática por se tratar de uma ferramenta que auxilia e sinaliza para a equipe de projeto a necessidade de inserção de *poka-yoke* de produto durante a fase de desenvolvimento.

Para finalizar, julga-se que o objetivo principal da presente pesquisa, como exposto na Seção 1.4 foi justificado e atingido, embora não se possa dizer com certeza que os resultados obtidos acelerem o processo de desenvolvimento de produto.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma sugestão para trabalho futuro é dar continuidade as modificações da ferramenta proposta, conforme os aspectos sugeridos na seção 5.3.2, pelos participantes do experimento.

- a) Incorporação no modelo proposto das melhorias identificadas no experimento realizado nesta pesquisa;
- b) O desenvolvimento de um sistema integrado com avaliação do laudo da ferramenta;
- c) Levantar os custos necessários para aplicar a ferramenta de alocação de *poka-yoke* na etapa de projeto.

O caso estudado serviu para uma validação parcial da ferramenta. Esta necessitaria ser verificada numa situação em que a própria equipe que submete as alternativas ao processo de seleção tivesse também conduzido a geração destas alternativas a partir de um contexto real de projeto, com base nas especificações levantadas no projeto informacional.

REFERÊNCIAS

- AMBRE, R.; SUNDARAVALLI, L. **IE 635 IEOR POKA-YOKE**, Industrial Engineering and Operations Research (IEOR), 2004. Disponível em <<http://www.me.iitb.ac.in/~sv/PokaYoke.pdf>> Acesso em: 28 jul. 2009.
- BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem**. Barueri, SP: Editora Manole, 2008.
- CAPALDO, Daniel; GERRERO, Vander; ROZENFELD, Henrique. **FMEA – Failure Model and Effect Analysis**. [S.l.]: NUMA, 1999. Disponível em: <http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/FMEAv2.html>. Acesso em: 28 jul. 2009.
- 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, Nº 21 – pp. 7-18, abr, 2004.
- CHENG, L. C. E FILHO, L. D. R. M. **QFD – Desdobramento da função qualidade na gestão dedesenvolvimento de produtos**. São Paulo: Editora Blucher, 2007.
- CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization and managemant in the world auto industry**. Boston: ed Harvard Business School Press, 1991.
- DVORAK, P. Poka-yoke designs make assemblies mistakeproof, **MACHINE DESIGN**, 1998 Disponível em: <<http://www.penton.com/md>> Acesso em: 28 jul. 2009.
- GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: Mais do que Simplesmente Just-in-time**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.
- GHINATO, P. **Elementos Para a Compreensão de Princípios Fundamentais do Sistema Toyota de Produção: Autonomiação e Zero Defeitos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.
- IMAI, M. **Gemba-kaizen: Estratégias e Técnicas do Kaizen no Piso de Fábrica**. São Paulo: IMAM, 1996.

- IMAN. **Poka Yoke – métodos à prova de falhas**. São Paulo: Instituto IMAN, 1998.
- International Cooperation Division, **Japan Industrial Safety and Health Association: JISHA**, Tokyo, 2006.
- JURAN, J.M.; FRANG, M.G. **Controle de Qualidade-Handbook: ciclo dos produtos, inspeção e teste**. São Paulo: Makron Books do Brasil Ltda., 1992.
- LÉXICO LEAN **Glossário Ilustrado para Praticante do Pensamento Lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- MIYAKE, Dario Ikuo. **Técnicas de Gerenciamento de Operações Industriais**, São Paulo: Gente, 2006.
- MOURA, A.R.; BANZATO, J.M. **Poka-Yoke: a eliminação dos defeitos com o método à prova de falhas**. São Paulo: Iman, 1996.
- NAKAJO, T.; KUME, H; "The principles of foolproofing and these application in manufacturing," **Reports of Statistical Application Research**, JUSE, Vol. 3, 1985.
- PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto na Engenharia: Fundamentos do Desenvolvimento Eficaz de Produtos: Métodos e Aplicações**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2005.
- PALADY, P. **FMEA Análise dos Modos de Falha e Efeitos**. São Paulo: Editora IMAM, 1997.
- ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando A.; AMARAL, Daniel C.; TOLEDO, José C.; SILVA, Sergio L.; ALLIPRANDINI, Dário H.; SCALICE, Régis K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma Referência para a Melhoria do Processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.
- SAKURADA, E. Y. **As técnicas de Análise dos Modos de falhas e seus efeitos e Análise da Árvore de Falhas no Desenvolvimento e na Avaliação de Produtos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- SHINGO, S. **Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System**. Cambridge, Massachusetts: Productivity Press, 1996.
- SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura**. São Paulo: Atlas, 1993.

SMITH, P.G.; REINERTSEN, D.G. **Desenvolvendo Produtos na Metade do Tempo: A agilidade como fator decisivo diante da globalização do mercado.** São Paulo : Futura, 1997.

STONER, J. A.F. FREEMAN, R. E. **Administração.** 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

ULRICH, K.T.; EPPINGER, S.D. **Product Design and Development.** 2 ed. USA: McGraw-Hill, 2000.

WHEELWRIGHT, S.C., CLARK, K.B. **Managing new product and process development - text and cases.** New York: HBS, 1993.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NO INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Este apêndice contém o questionário que busca identificar os critérios adotados para endereçar *poka-yoke*’s durante o processo de desenvolvimento de produtos, ou seja, como o *poka-yoke* é endereçado e classificado na etapa de projeto.



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA E DE MATERIAIS - PPGEM**

**PROPOSTA DE CONJUNTO DE MECANISMOS PARA ENDEREÇAR POKA-YOKE'S
DURANTE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**

Questionário para Coleta de Informações

Este questionário de coleta de informações é parte de um projeto de investigação que busca identificar os critérios adotados para endereçar *poka-yoke's* durante o processo de desenvolvimento de produtos.

Durante o processo de desenvolvimento de produtos, as ferramentas para reduzir falhas são pouco estruturadas nos modelos de Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP). O principal objetivo desta investigação é identificar em qual momento do PDP o *poka-yoke* deve ser inserido como ferramentas para reduzir falhas.

Para tanto, a questão central desta investigação foi definida de maneira a identificar como o *poka-yoke* é endereçado e classificado na etapa de projeto.

O questionário foi projetado para ser respondido num espaço de tempo curto (aproximadamente 10 minutos), ficando assegurada a confidencialidade de todas as respostas.

Havendo interesse de sua parte, em momento oportuno retornaremos os resultados desta pesquisa.

() Sim. () Não.

Desde já agradecemos sua inestimável colaboração com este trabalho.

Atenciosamente,

Polyana Patrícia Soares Figueiredo

Mestranda

Carlos Cziulik

Professor Orientador

Dados da empresa e entrevistado

Empresa:	
Endereço:	
Cargo:	Formação:
Tempo de mercado da empresa:	Tempo de mercado do profissional entrevistado:
Tel:	Email:

1.1 É do seu conhecimento alguma abordagem metodológica para o desenvolvimento de produtos?

- Sim
- Não

1.2 Como você tomou conhecimento da abordagem metodológica mencionada na questão anterior?

- Literatura acadêmica.
- Empiricamente.
- Em treinamentos ou atividade acadêmica.
- Não tenho conhecimento.
- Outros: _____
-
-

1.3 O PDP (processo de desenvolvimento do produto) da empresa se aproxima do modelo do pdp do Rozenfeld?

- Não tenho conhecimento do modelo do pdp do Rozenfeld.
- Sim
- Não

1.4 É do seu conhecimento a utilização dos sistemas *poka-yoke*?

- Sim
- Não

1.5 Você já participou de alguma equipe de desenvolvimento de produto, que utilizasse os sistemas *poka-yoke* durante o desenvolvimento do produto?

- Sim
- Não

1.7 Considerando que o processo de desenvolvimento de produto é composto

de fases, em qual delas você, na sua empresa, faz o endereçamento do *poka-yoke*?

- Quando no início da produção
- Projeto informacional (Especificações-Meta, Escopo do produto)
- Projeto conceitual (Concepção do produto, desenhos iniciais)
- Projeto detalhado (Protótipo aprovado)
- Preparação para produção (Lote piloto aprovado)
- Na interface entre projeto informacional e projeto conceitual
- Na interface entre projeto conceitual e projeto detalhado

1.8 No seu método de trabalho, que ferramentas você utiliza, na sua empresa, para fazer o endereçamento do *poka-yoke*?

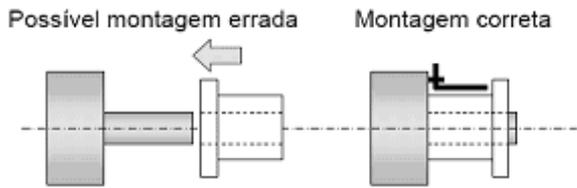
- Check list
- Sistemática
- Processo empírico e subjetivo
- Tabelas
- Banco de soluções
- Outros: _____

1.9 Considerando os exemplos de *poka-yokes* abaixo, classifique-os:



- Poka yoke de processo
- Poka yoke de produto
- Poka yoke de inspeção
- Poka yoke de advertência

- Não tenho conhecimento
- Outros: _____

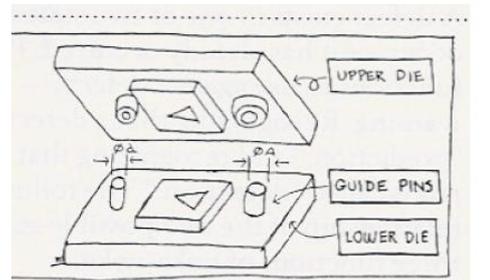


- Poka yoke de processo
- Poka yoke de produto
- Poka yoke de inspeção
- Poka yoke de advertência
- Não tenho conhecimento
- Outros: _____



- Poka yoke de processo
- Poka yoke de produto
- Poka yoke de inspeção
- Poka yoke de advertência
- Não tenho conhecimento
- Outros: _____

Pinos guias com dimensões diferentes



- Poka yoke de processo
- Poka yoke de produto
- Poka yoke de inspeção
- Poka yoke de advertência
- Não tenho conhecimento
- Outros: _____

Caso deseje fazer algum comentário, críticas ou sugestões, utilize este espaço.

APÊNDICE B – DADOS DO EXPERIMENTO

Este apêndice contém os dados dos participantes da pesquisa de campo (da identificação dos critérios adotados para endereçar *poka-yoke*’s).

	Nome completo	Formação	Empresa aonde trabalha
1	José Francivaldo P Lemos	Eng. Mecânico	Iveco Latin America
2	José Gumecindo Furtado	Eng. Mecânico	Volkswagem Caminhoes e onibus
3	Edmildo Paes de Melo	Eng. Mecânico	Thyssen Krupp Bilstein
4	Marcos dos Santos	Eng. Mecânico	RNA
5	Luiz Cardoso	Eng. Mecânico	Volkswagem Caminhoes e onibus
6	Jose Maria Oliveira	Eng. Mecânico	ZF Sistemas de Direção
7	Benedito Jacinto	Eng. Mecânico	Sifco S/A
8	Jose Bronzatto	Eng. Mecânico	ZF do Brasil LTDA – Div. ZF Lemörder.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PARTICIPANTES – DO EXPERIMENTO

Este apêndice contém o questionário que busca avaliar o experimento e o entendimento da ferramenta que sinaliza a alocação de *poka-yoke* na interface do projeto conceitual e detalhado.

PARTE 1. COM RELAÇÃO À TAREFA:

1 A tarefa foi de fácil compreensão?

- Sim
- Não

2 As informações apresentadas nas alternativas propostas foram suficientes para o entendimento dos conceitos?

- Sim, foi possível utilizar a ferramenta sem ter havido dúvidas quanto às informações repassadas pelas propostas.
- Inicialmente sim, mas com o decorrer do uso da ferramenta algumas dúvidas surgiram.
- Inicialmente não, mas com o decorrer do uso da ferramenta algumas dúvidas foram sendo esclarecidas.
- Não, as informações repassadas não deixaram claro o entendimento das propostas.

PARTE 2. COM RELAÇÃO AO USO DA FERRAMENTA:

3 Com relação à interface da ferramenta, esta foi de fácil assimilação?

- Sim
- Não

Caso negativo, que medidas poderiam ser adotadas para que a interface ficasse mais “amigável”?

4 A ferramenta foi de fácil utilização?

- Sim
- Não

Caso negativo, que medidas poderiam ser adotadas para que a ferramenta tenha um melhor entendimento?

5 Os temas e critérios utilizados na ferramenta foi de fácil utilização?

- Sim
- Não

Caso negativo, que medidas poderiam ser adotadas para que a ferramenta tenha um melhor entendimento?

6 Os temas e critérios utilizados na ferramenta foi de fácil entendimento?

- Sim
- Não

Caso negativo, que medidas poderiam ser adotadas para que a ferramenta tenha um melhor entendimento?

7 O uso de uma ferramenta que aborde o a inserção de poka-yoke auxilia a equipe de projeto na tomada de decisão?

- Sim
- Não

Caso a equipe deseja fazer algum comentário adicional, críticas ou sugestões, utilize este espaço:

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)