

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MODELO PARA REDUÇÃO DO RISCO À SEGURANÇA
DO CONSUMIDOR NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS DE
CONSUMO

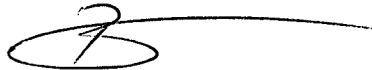
PAULO ROBERTO QUEIROZ

13
Florianópolis, Abril 1999

**MODELO PARA REDUÇÃO DO RISCO À SEGURANÇA
DO CONSUMIDOR NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS DE CONSUMO**

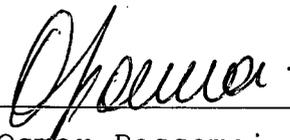
PAULO ROBERTO QUEIROZ

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia, Especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.



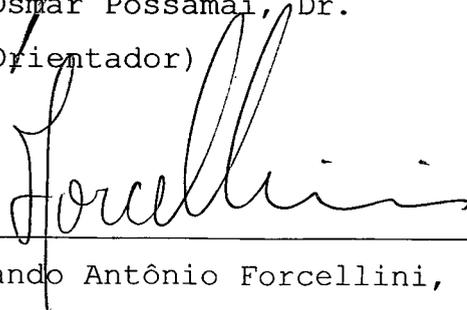
Prof. Ricardo Miranda Barcia, Phd.
Coordenador do Curso de Pós-Graduação

Banca Examinadora:

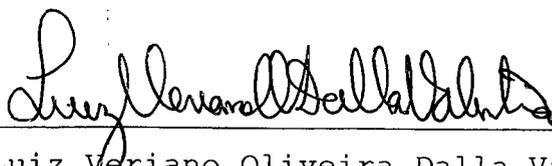


Prof. Osmar Possamai, Dr.
(Orientador)

(BU)



Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr.



Prof. Luiz Veriano Oliveira Dalla Valentina, Dr.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a Multibrás Eletrodomésticos pela oportunidade concedida para a realização de mais esta etapa no meu desenvolvimento e permitir a aplicação do método no decorrer de um projeto de grande importância estratégica para a empresa.

Ao meu orientador Professor Osmar Possamai, Dr. pela dedicação, contribuição na minha formação e compreensão das dificuldades enfrentadas para a realização deste trabalho em conjunto com as minhas atividades profissionais.

Aos colegas pelo apoio e auxílio na empresa e no decorrer do trabalho.

Aos professores da banca examinadora, Professor Fernando Antônio Forcellini, Dr. E Professor Luiz Veriano Oliveira Dalla Valentina, Dr. pela contribuição ao trabalho.

A minha família pelo apoio, compreensão e incentivo necessários para a realização desta dissertação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	01
1.1. OBJETIVOS.....	03
1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	03
CAPÍTULO 2 - O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E A SEGURANÇA DOS CONSUMIDORES	05
2.1 PRESSÕES DO SETOR ECONÔMICO.....	05
2.2 O PRODUTO.....	09
2.3 A INFLUÊNCIA DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA.....	10
2.4 A EVOLUÇÃO DA QUALIDADE.....	12
2.5 METODOLOGIAS PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	14
2.6 A CONFIABILIDADE NO PROJETO DE PRODUTOS.....	16
2.7 RESULTADOS OBTIDOS.....	17
CAPÍTULO 3 - ESTUDOS DOS MEIOS PARA REDUÇÃO DE RISCO	20
3.1 SISTEMAS E DISGRAMAS DE BLOCOS.....	21
3.2 FERRAMENTAS PARA DETERMINAÇÃO DO RISCO	24
3.2.1 Análise Preliminar de perigo	24
3.2.2 A Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos	28
3.2.3 A Análise dos Modos, Efeitos e Criticidade das Falhas.....	33
3.3 FERRAMENTAS PARA DETERMINAÇÃO DA PROBABILIDADE DO ACIDENTE.....	34
3.3.1 Análise da Árvore de Falhas	34
3.3.2 Construção da árvore de falhas	35
3.3.3 Análise qualitativa da árvore de falhas	38
3.3.4 Análise quantitativa da árvore de falhas	38
3.3.5 Análise da Árvore de Eventos	42

3.4	FERRAMENTAS AUXILIARES PARA ANÁLISE DE ACIDENTES E RISCO	43
3.4.1	Desdobramento da Função Risco	43
3.4.2	Mapas de Raciocínio	47
3.5	ANÁLISE COMPARATIVA DAS FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE RISCO	48
3.6	O MÉTODO DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS	50
3.6.1	O Planejamento	51
3.6.2	Execução / Ação	53
3.6.3	Verificação	53
3.6.4	Atuação corretiva	54
3.7	O MÉTODO PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	54
3.7.1	Fase de Concepção	56
3.7.2	Fase de Conversão	57
3.7.3	Fase de Execução / Ação	57
	CAPÍTULO 4 - MÉTODO DE REDUÇÃO DE RISCO.....	60
4.1	O MÉTODO PARA REDUÇÃO DO RISCO.....	62
4.1.1	Atividades preparatórias para aplicação do método.....	64
4.1.2	Planejamento	68
4.1.3	Execução / Ação	73
4.1.4	Verificação	74
4.1.5	Padronização	75
4.2	MANUAL PARA REDUÇÃO DO RISCO DO CONSUMIDOR.....	76
	CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REDUÇÃO DE RISCO À	
	SEGURANÇA EM UM PROJETO DE CONGELADOR VERTICAL.	79
5.1	APLICAÇÃO DO MÉTODO	80
5.1.1	Fase de planejamento.....	80
5.1.2	Fase de execução / Ação	99
5.1.3	Fase de verificação	105
5.1.4	Fase de padronização	107
5.2	RESULTADOS OBTIDOS	107
	CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	109
6.1	CONCLUSÕES	109

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
BIBLIOGRAFIA	115
ANEXO	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Representação esquemática do polo econômico	06
Figura 2.2	Fatores de pressão que conduzem aos riscos.....	08
Figura 2.3	Direcionadores da Tecnologia.....	12
Figura 2.4	Evolução na gestão da qualidade.....	13
Figura 3.1	Sistema em Série	22
Figura 3.2	Sistema em Paralelo	22
Figura 3.3	Diagrama dos sistemas de um Refrigerador	23
Figura 3.4	Árvore de decisão para análise de perigos.....	26
Figura 3.5	Planilha padrão para PHA.....	27
Figura 3.6	Fluxograma para execução da FMEA.....	32
Figura 3.7	Exemplo de uma planilha de FMEA.....	32
Figura 3.8	Planilha para a FMECA.....	33
Figura 3.9	Símbolos de eventos para construção da FTA	36
Figura 3.10	Símbolos de portas para construção da FTA.....	37
Figura 3.11	Exemplo de FTA e BDD equivalente	41
Figura 3.12	Exemplo de uma árvore de eventos	42
Figura 3.13	Primeira matriz do RFD	45
Figura 3.14	Segunda matriz do RFD.....	45
Figura 3.15	Desdobramento da Função Risco - RFD.....	46
Figura 3.16	Sistema de pressurização de um tanque.....	47
Figura 3.17	Mapa cognitivo do sistema de pressurização.....	48
Figura 3.18	Ciclo PDCA de melhorias	50
Figura 3.19	Padrão de uma tabela 5W1H	52
Figura 3.20	Relatório das três gerações	53
Figura 3.21	Representação gráfica do método C2C.....	55
Figura 3.22	Padrão de sistema do processo C2C.....	59
Figura 4.1	Fase de planejamento	69
Figura 4.2	Exemplo de uma tabela para identificação do produto.....	70

Figura 4.3	Exemplo de uma tabela de informações dos componentes.....	71
Figura 4.4	Fase de execução / Ação	73
Figura 4.5	Fase de Verificação	74
Figura 4.6	Fase de Padronização	76
Figura 4.7	Fluxograma do método para redução de risco.....	77
Figura 5.1	FTA para risco de incêndio	93
Figura 5.2	FTA para risco de incêndio	94
Figura 5.3	FTA para risco de choque	95
Figura 5.4	FTA para risco de queimadura	96
Figura 5.5	Primeira matriz RFD para perigos de um congelador vertical	98

LISTAS DE QUADROS

QUADRO 2.1	Custos por acidentes em produtos	19
QUADRO 3.1	Tabela para avaliação do índice de ocorrência.	30
QUADRO 3.2	Tabela para avaliação do índice de severidade..	31
QUADRO 3.3	Tabela para avaliação do índice de detecção....	31
QUADRO 3.4	Resumo e comparação das ferramentas para análise de risco.....	49
Quadro 4.1	Critérios para seleção das ferramentas de análise de risco.....	63
Quadro 4.2	PDCA para o MRRS	65
Quadro 4.3	Resumo comparativo do método C2C e do MRRS.....	66
Quadro 5.1	Grupo de análise	80
Quadro 5.2	Identificação do produto	81
Quadro 5.3	Mapa dos sistemas	82
Quadro 5.4	Informações dos componentes críticos	83
Quadro 5.5	PHA do sistema de degelo para congelador	85
Quadro 5.6	PHA do sistema de degelo para congelador	86
Quadro 5.7	PHA do sistema de degelo para congelador	87
Quadro 5.8	FMEA de produto para congelador vertical	88
Quadro 5.9	FMEA de produto para congelador vertical	89
Quadro 5.10	FMEA de produto para congelador vertical	90
Quadro 5.11	FMEA de produto para congelador vertical	91
Quadro 5.12	Plano 5W1H para o perigo de incêndio	100
Quadro 5.13	Plano 5W1H para o perigo de choque	101
Quadro 5.14	Plano 5W1H para o perigo de queimadura	102
Quadro 5.15	Plano 5W1H para o perigo de intoxicação	102
Quadro 5.16	Resumo das ações e análise de viabilidade	103
Quadro 5.17	Relatório das três gerações da auditoria preliminar	105
Quadro 5.18	Relatório das três gerações da certificação final	106

RESUMO

A globalização do mercado brasileiro é responsável pelo amadurecimento do consumidor, o qual passou a exigir mais dos produtos nacionais.

As empresas em reação, aceleram os lançamentos de novos produtos de consumo, incorporando tecnologia de ponta e reduzindo os prazos de desenvolvimento, seguindo a tendência mundial de renovação contínua.

Todavia este dinamismo acarreta um aumento nos riscos de acidentes com estes novos produtos, principalmente devido as falhas em componentes responsáveis pelas novas funções, consequência do pouco conhecimento e da falta de domínio nas novas tecnologias, como comprovam os relatórios dos órgãos de defesa dos consumidores e também no crescente número de *recalls* de diversos produtos de consumo.

Este trabalho tem como foco possibilitar as empresas o aumento na segurança dos novos produtos de consumo através da aplicação de um método que sistematiza a análise de riscos à segurança, baseando-se nas ferramentas da engenharia da confiabilidade e possibilitando que as ações corretivas sejam efetivamente incorporadas ao projeto através do método de solução de problemas, garantindo também um baixo impacto nos prazos de desenvolvimento de novos produtos.

ABSTRACT

The globalization of the Brazilian market is responsible for the consumer's aging, which started to demand more of the national products.

The companies in reaction, accelerate to launch of new products, incorporating new technologies and reducing the development cycle life, following the world tendency of renewal continues.

Though this dynamism increases the risks of accidents with these new products, mainly in function of the fails in components, responsible for the new functions, because of the low knowledge, low domain of the new technologies, as possible to check consumers departments reports and also with growing number of recalls of several products.

This paper has as focus to facilitate the companies to increase the safety of the new products through the application of a method that systematizes the risk analysis for safety, based on tools of the reliability engineering and promoting the planned actions be incorporated to the project through the problems solution method and also guaranteeing a low development cycle life impact.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

O Brasil era tradicionalmente um país exportador, cuja condição era alimentada por políticas protecionistas que dificultavam a entrada de produtos estrangeiros no país.

A abertura de mercado inicia o rompimento das políticas de proteção às indústrias nacionais. Após 1993 esta política baseada em elevadas taxas de importação perde a força. Seguindo a tendência mundial de abertura de mercado, são reduzidas as alíquotas de 200% para até 2% e ficam isentos do imposto de importação mais de cinco mil itens. O governo visa assim estimular a competitividade e manter preços estáveis no mercado interno.

Desta forma, o mercado interno brasileiro globalizado permite aos consumidores o acesso a produtos importados, com elevado grau de qualidade e tecnologia a preços competitivos. O consumidor brasileiro passa a comparar os produtos nacionais com os produtos importados, aumentando os critérios de exigência na escolha das suas necessidades de consumo, obrigando as empresas brasileiras a investir na melhoria de qualidade e na modernização de seus produtos.

Neste contexto, produtos necessitam ser desenvolvidos em prazos bem menores e com novas tecnologias para possibilitar vantagem competitiva para as empresas, aumentando o grau de risco à qualidade e principalmente à segurança dos consumidores.

Com a promulgação do Código de Defesa do Consumidor em 1990, as empresas e os responsáveis pelo desenvolvimento de produtos passam a responder legalmente pela qualidade e segurança do produto, conforme o artigo 4º, Capítulo II deste código.

Para atingir a qualidade e a segurança desejada nos produtos, podem ser aplicadas, na fase de projeto, as ferramentas de qualidade e da engenharia da confiabilidade que estão disponíveis.

Normalmente estas ferramentas são pouco utilizadas pelos grupos de projeto pela elevada preocupação com os prazos para o lançamento do produto, faltando a sistematização e o gerenciamento adequado da aplicação destas ferramentas.

A falta da verificação adequada das condições de segurança não garante que um produto seguro para os consumidores seja colocado no mercado.

Pode-se observar com frequência nas revistas e jornais as reportagens ou anúncios convocando proprietários de bens de consumo para a realização de reparos em seus produtos devido a ocorrência de falhas que colocam em risco a segurança.

Assim, propõe-se um modelo para melhorar a segurança do consumidor a ser aplicado no desenvolvimento de um novo produto e que possa ser validado no final do projeto, respeitando os prazos para o lançamento do produto no mercado.

O modelo proposto deve interagir com as metodologias de desenvolvimento de produtos para garantir que as avaliações das

condições inseguras e de risco sejam efetivamente executadas e verificadas nos ensaios e testes de certificação do produto.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é apresentar um método que melhore a segurança dos consumidores em novos produtos, combinando as ferramentas da engenharia da confiabilidade e o método de soluções de problemas (MASP), interagindo com as metodologias de desenvolvimento de produtos.

Os objetivos específicos são:

- analisar as ferramentas da engenharia da confiabilidade;
- identificar no processo de desenvolvimento de projetos as fases para a aplicação do método;
- analisar o Método de Solução de Problemas (MASP) e identificar as atividades aplicáveis para método proposto.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura desta dissertação está composta dos seguintes capítulos:

Capítulo 2 - Neste capítulo serão analisadas as condições de contorno em que são desenvolvidos produtos nas indústrias e como a segurança dos consumidores é abordada durante as fases do projeto.

Capítulo 3 - Apresenta as ferramentas e os modelos de análise de risco existentes na engenharia da confiabilidade, a metodologia para solução de problemas existente no gerenciamento da qualidade, avaliação das opções aplicáveis na proposição de um modelo eficiente para a análise de risco.

Capítulo 4 - Neste capítulo será apresentado o modelo desenvolvido para a redução de risco à segurança do consumidor, detalhando os passos para cada fase do desenvolvimento de um novo produto e a apresentação de um manual de aplicação do modelo.

Capítulo 5 - Apresenta a aplicação prática do modelo realizada durante o desenvolvimento de um projeto em uma empresa de eletrodomésticos, os riscos detectados, as soluções apresentadas, os testes e os resultados obtidos.

Capítulo 6 - Apresenta a Conclusão do trabalho, bem como as sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 - O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E A SEGURANÇA DOS CONSUMIDORES

Para o melhor entendimento do problema da segurança em produtos de consumo, é importante conhecer as pressões a que o desenvolvimento de produtos está submetido.

São fatores importantes para o desenvolvimento de novos produtos as condições de mercado, a realidade das empresas, do setor de produtos de consumo e a posição destas dentro da evolução da qualidade e confiabilidade.

2.1 PRESSÕES DO SETOR ECONÔMICO

Segundo o Prof. Evaldo Alves (1997), está ocorrendo uma mudança de pólo econômico. Entende-se por Pólo econômico o setor produtivo que irradia o ritmo econômico global (ver figura 2.1). Este pólo tende a ter uma duração de 40 a 60 anos e é responsável ao paradigma técnico - econômico. Já foram pólos econômicos os setores agropecuário, industrial e têxtil. Neste final de século, ocorre a transição do pólo mecânico/elétrico para o pólo da tecnologia de ponta que abrange os setores de micro-eletrônica, biotecnologia, química fina, materiais e mecânica de precisão.

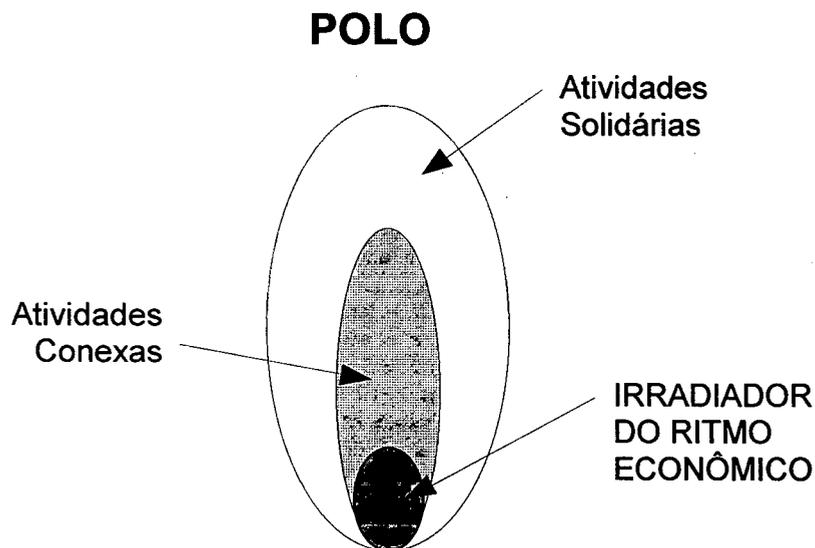


Fig. 2.1 - Representação esquemática do polo econômico. (fonte: Alves 1997)

Como consequência principal ocorre a mudança do paradigma técnico - econômico, que promove alterações drásticas nos setores produtivos.

Como parte destas alterações a concorrência torna-se acirrada, intensifica-se a busca por diferenciais competitivos nos produtos e a redução significativa de custos.

Neste cenário é importante, para a sobrevivência das empresas, a busca por diferenciais em funções, consumo, custo, benefícios, etc.

A vantagem em introduzir no mercado estes diferenciais antes da concorrência é muito importante para o destaque da marca e a consolidação da empresa em um ambiente dinâmico, competitivo e globalizado.

As empresas buscam no lançamento sucessivo de novos produtos a oportunidade em atingir estas vantagens.

Estas necessidades causam grande pressão para a redução nos prazos de desenvolvimento e intensificam as atividades de projeto de novos produtos.

Para consolidar as reduções de custo necessárias para a sobrevivência, as empresas passam por constantes reestruturações, reduzindo o quadro de colaboradores, automatizando seus processos de manufatura e administrativos.

Desta forma, segundo Alves (1997) está surgindo um novo paradigma produtivo, composto por quatro grandes direcionadores:

- **Intensidade** - Passagem do valor capital para o conhecimento e informação;
- **Unidades de produção** - Definida pela transformação de grandes unidades com número elevado de trabalhadores para unidades reduzidas e poucos trabalhadores;
- **Produto** - Ocorre a transformação da diversidade para a customização;
- **Padronização** - Passam os produtos de homogêneos para padronizados;

A competitividade, os prazos, os custos, as reduções de custos e necessidades de segurança, são fatores que contribuem para o aumento dos riscos envolvidos no desenvolvimento do produto. A figura 2.2 representa as pressões que conduzem aos riscos.

Segundo O'Connor (1991) pode-se dividir os riscos no desenvolvimento de produtos em:

- **riscos financeiros**, são os riscos envolvendo o capital aplicado e a aceitação do novo produto pelo mercado;
- **riscos técnicos**, são os riscos referentes ao desempenho do produtos, os índices de reclamações e garantia;
- **riscos à segurança**, são os riscos que podem provocar danos físicos aos consumidores por erro de projeto/processo ou falha do produto.

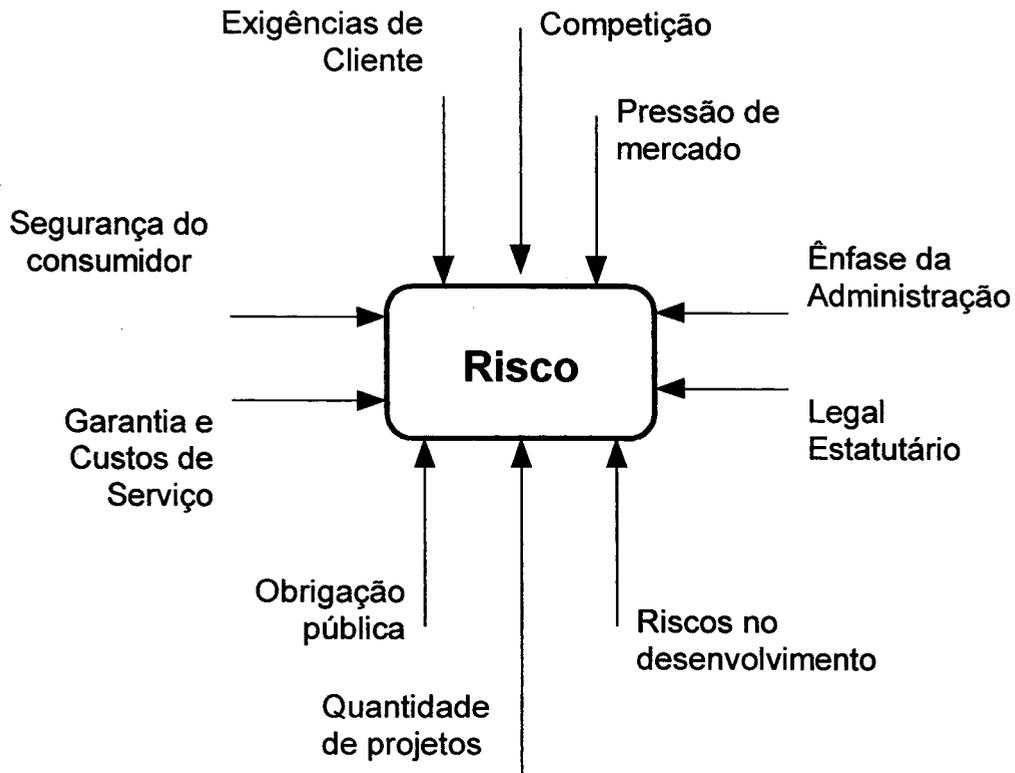


Fig. 2.2 - Fatores de pressão que conduzem aos riscos.

(fonte: O'Connor, 1991)

2.2 O PRODUTO

"Habitamos hoje numa galáxia de objetos. Como uma segunda natureza, eles estão à nossa volta com suas formas, suas cores e, principalmente, seu rol de funções, oferecendo-nos serviços sem os quais não podemos mais passar. Dos automóveis aos grampeadores, dos móveis às roupas e eletrodomésticos, nosso cotidiano é um diálogo incessante com objetos fabricados em série." Pedroso (1998)

O crescimento da quantidade de produtos oferecidos ao mercado e da variedade de finalidades a que se propõem, ampliam de forma geométrica a probabilidade de acidentes e a segurança dos consumidores

Segundo Hammer (1991) nenhum produto é perfeitamente seguro. A segurança é relativa e não absoluta.

Antes os riscos à segurança eram considerados aceitáveis como função do desenvolvimento tecnológico, porém observa-se o crescimento da preocupação pela segurança de produtos e eliminação de acidentes, resultado das pressões dos consumidores e da legislação.

Até os produtos que são inerentemente perigosos devido o fim para que são utilizados, possibilitam a implementação de proteções para minimizar e controlar os riscos de acidentes. Assim muito pode ser feito para a redução do número de acidentes com a melhora contínua da segurança dos produtos.

Segundo Hammer (1991), pode-se com a aplicação de técnicas específicas reduzir os riscos à segurança a valores baixos o suficiente para que o perigo de acidente seja considerado eliminado.

2.3 A INFLUÊNCIA DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

O desenvolvimento de produtos hoje é um processo contínuo nas empresas. Os produtos recebem durante seu ciclo de vida inúmeras alterações de atualização estética, tecnológica, funcional, etc. Segundo Barbieri (1997), "nem sempre é fácil determinar quando um projeto de inovação importante está realmente concluído, pois esses produtos, processos e serviços, novos ou modificados, estarão recebendo diversas inovações de caráter incremental ao longo do seu ciclo de vida."

Para Barbieri (1997), inovação tecnológica é um processo realizado por uma empresa para introduzir produtos e processos que incorporem novas soluções técnicas, funcionais ou estéticas.

As inovações podem ser consideradas absolutas ou relativas.

- **Inovação absoluta** é quando uma solução não era conhecida ou usada antes que a empresa inovadora a introduzisse;
- **Inovação relativa** é quando a solução é nova para uma empresa, embora ela já fosse conhecida ou utilizada por outras.

As inovações, independente dos fatos de constituírem novidades absolutas ou relativas, podem se apresentar nas seguintes formas:

- novo processo produtivo ou alteração no processo existente, isto é, alterações em máquinas, equipamentos, instalações, métodos de trabalho, etc., geralmente introduzidas com o objetivo de reduzir custos, melhorar a qualidade ou aumentar a capacidade de produção;
- modificações no produto existente ou a substituição de um modelo por outro, que cumpra a mesma finalidade básica, muitas vezes acrescidas de outras complementares;
- introdução de novos produtos integrados verticalmente aos existentes ou seja fabricados a partir de um processo produtivo comum ou afim;
- introdução de novos produtos que exigem novas tecnologias para a empresa.

Do ponto de vista de Adler (1996) cada projeto envolve tarefas desafiadoras sem precedentes que requerem soluções também sem precedentes.

A tecnologia passa a ser um aspecto muito importante no processo de desenvolvimento de produtos, pois é através desta que as empresas podem promover seu crescimento, através de produtos diferenciados, baixos custos, novas funções e até a criação de produtos inovadores, possibilitando atuar em um novo mercado.

Contrapondo as necessidades de novas tecnologias, as regulamentações e legislações ficam mais rigorosas, exigindo das empresas responsabilidade legal de seus produtos, principalmente à segurança dos consumidores (figura 2.3).

A inovação absoluta ou relativa agregada nos projetos incorpora riscos, incluindo a segurança aos consumidores, pela própria característica da inovação.

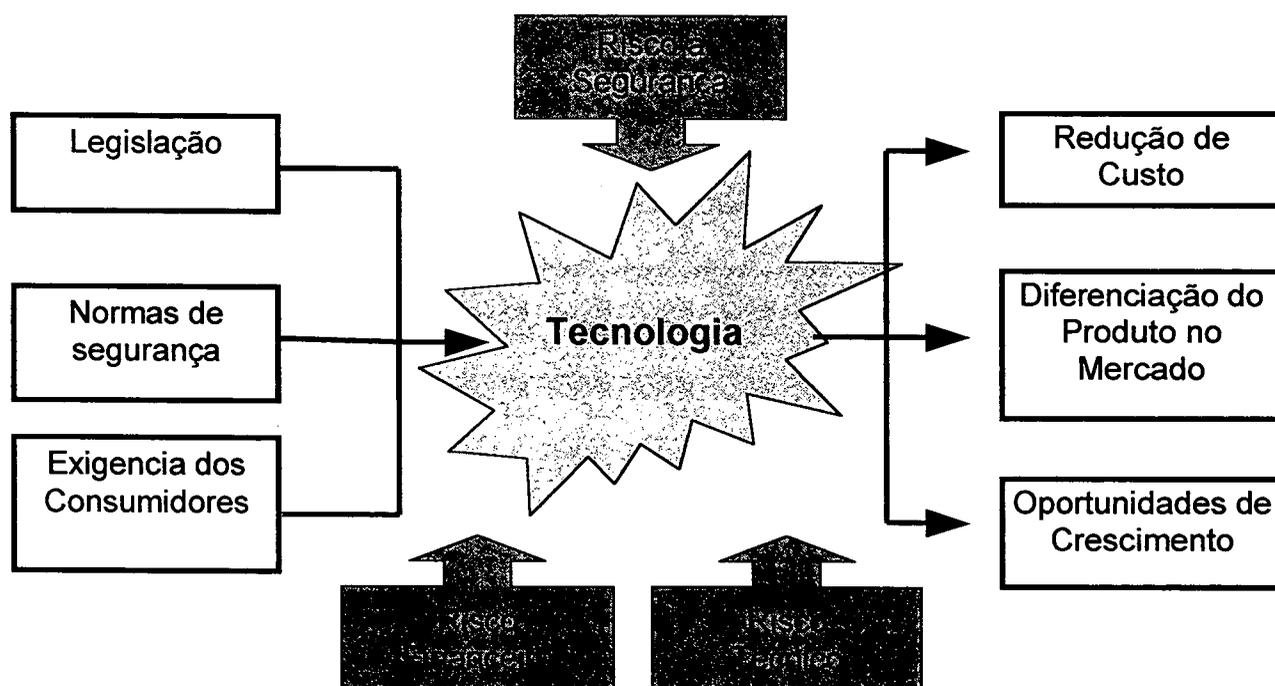


Fig. 2.3 - Direcionadores da tecnologia. (fonte: Adler, 1996)

2.4 A EVOLUÇÃO DA QUALIDADE

Pode-se considerar na evolução da gestão da qualidade três níveis: Controle da Qualidade (CQ), Garantia da Qualidade (GQ), Qualidade total (TQM). O esquema dessa evolução pode ser visto na Figura 2.4.

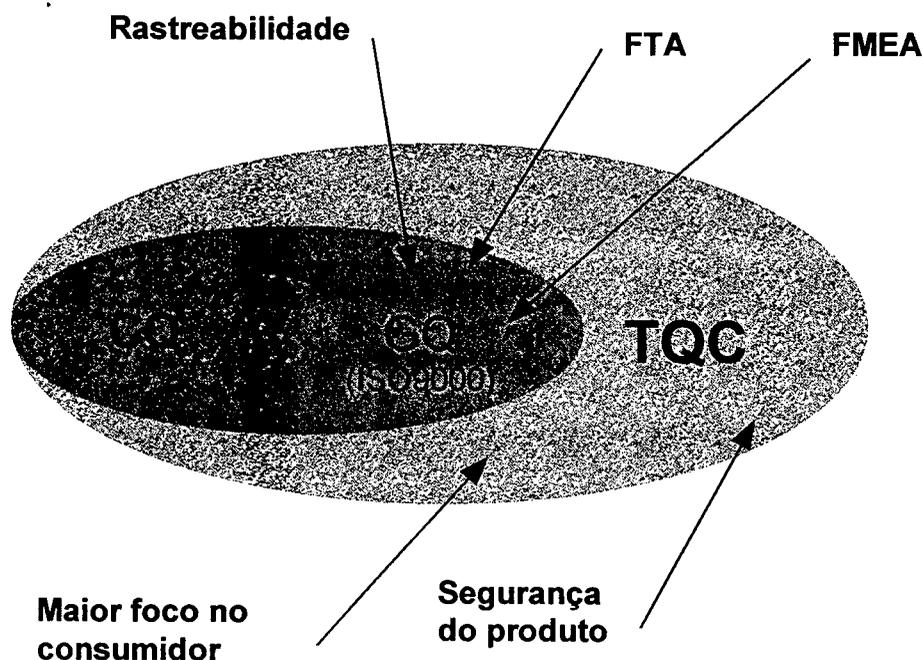


Fig. 2.4 Evolução na gestão da qualidade. (fonte: Smith, 1996)

A organização possui *status* de Controle de Qualidade quando esta mede, verifica ou controla as especificações dos produtos ou serviços conforme contrato ou acordo com os clientes.

A maior preocupação da organização neste nível é desenvolver produtos que atendam a um desempenho e fabricá-los dentro das especificações sem importar-se com a confiabilidade e segurança.

A organização possui *status* de Garantia da Qualidade quando esta sistematiza as medidas que realiza através de um planejamento adequado da Qualidade. O sistema da Qualidade representa parte formal e estável do planejamento do trabalho.

Com a implementação das normas da série ISO9000 as empresas devem atender os requisitos do cliente, exigindo também a

aplicação das ferramentas de confiabilidade de projeto e análises críticas.

O projeto passa a ser melhor documentado e gerenciado, garantindo melhor controle e aumento da confiabilidade, porém sem grande preocupação específica à segurança do produto.

A organização evolui para a Qualidade Total quando, além de possuir um Sistema da Qualidade, implementa ferramentas para potencializar o seu capital social.

Dentro do escopo da Qualidade Total apresenta-se também a importância da segurança dos produtos fundamentada no crescimento da engenharia da confiabilidade.

2.5 METODOLOGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

A criação de produtos é um elemento essencial na estratégia de competitividade para as empresas. O desenvolvimento de um novo produto com características inovadoras pode gerar demanda adicional, incrementar vendas, reduzir os custos e aumentar assim a lucratividade.

Segundo Back (1983) "o projeto de um componente ou um sistema apresenta, em cada caso, características e peculiaridades próprias. Mas à medida que um projeto é iniciado e desenvolvido desdobra-se uma seqüência de eventos, numa ordem cronológica, formando um modelo, o qual quase sempre é comum a todos os projetos".

Dufour (1996) comenta que não existe uma teoria de projeto que possa ser adequada à solução de todos os tipos de problemas. O que existe são procedimentos sistemáticos que, com maior ou menor grau de detalhamento, orientam as ações dos projetistas.

Tendo em vista que existem procedimentos sistemáticos no desenvolvimento de produtos, vários estudiosos elaboraram metodologias para orientar as equipes de projetos nas etapas a serem seguidas, com a finalidade de criar meios para melhor garantir os resultados do produto final

Verificando-se o estudo das metodologias de projeto realizadas por Dufour (1996), observa-se que é comum nestas metodologias a divisão do projeto em fases, das quais pode-se destacar as quatro mais importantes: definição do projeto, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado.

Nos moldes atuais de desenvolvimento de produtos através do crescimento da engenharia simultânea estas quatro fases se interpõem.

Observa-se que os métodos ficam flexíveis quanto a abrangência da aplicação da engenharia simultânea, principalmente devido a falta de recursos disponíveis nas empresas para dedicação exclusiva aos grupos de projeto.

Os métodos também passam a considerar não só o projeto do produto em si, mas o desenvolvimento deste como ciclo completo até o lançamento no mercado.

Observa-se porém a grande preocupação dos métodos em organizar as atividades, documentar as decisões, verificar o

desempenho, cumprimento de regulamentações e aos dados de entrada.

Geralmente nos métodos de desenvolvimento de produtos, as atividades para a segurança limitam-se a atender as normas específicas para segurança dos consumidores.

Nos métodos adotados, principalmente pelas empresas de produtos de consumo, não é observada nenhuma atividade prevista para a análise e solução dos riscos à segurança do consumidor no novo produto. Hammer (1991)

2.6. A CONFIABILIDADE NO PROJETO DE PRODUTOS

A confiabilidade tem sua origem na indústria aeroespacial, mais precisamente na indústria aeronáutica logo após a Segunda Guerra Mundial.

Somente na década de 60, a engenharia da confiabilidade tornou-se uma especialidade distinta tendo como marco o aparecimento das árvores de falha, diagramas de bloco de confiabilidade e outras ferramentas para a análise de confiabilidade.

As indústrias de produtos e bens de consumo passam a utilizar a engenharia da confiabilidade durante a década de 70.

As indústrias de produtos que mais se utilizam das ferramentas da confiabilidade com foco na segurança são as indústrias aeronáutica, espacial, nuclear e química. As demais

empresas, geralmente aplicam as ferramentas da confiabilidade para redução das falhas de seus produtos.

Nestas indústrias as equipes de projeto buscam diversas ferramentas que auxiliem na seleção das especificações do produto para atingir as metas impostas pelas necessidades de mercado e objetivos das empresas.

2.7 RESULTADOS OBTIDOS

Observa-se nos últimos anos o aumento dos chamados públicos (*Recall*) para troca ou reparos de produtos necessários para que a segurança dos usuários seja restabelecida. Segundo Smith (1996) o índice de *Recalls* de produtos está crescendo. Em 1988, nos Estados Unidos tinha-se o registro de aproximadamente 221 *Recalls* que envolviam aproximadamente 8 milhões de unidades de produtos. Cinco anos depois, em 1993, esses números tinham subido a 367 *Recalls* que cobriam aproximadamente 28 milhões de unidades de produtos.

Os *recalls* para novos produtos ocorrem com muita frequência e podem apresentar sérias repercussões. Em função da gravidade ou da intensidade destes *recalls*, chegaram em alguns países a destruir marcas e as companhias envolvidas.

Desta forma demonstra-se que as atividades para atender as normas de segurança e os resultados obtidos com a aplicação de ferramentas da confiabilidade não são satisfatórios e

suficientes para a redução do risco à segurança dos consumidores.

Percebe-se que nas empresas, principalmente as de produtos de consumo, a grande preocupação em aplicar a engenharia da confiabilidade tem geralmente a finalidade em atingir os prazos de garantia e os índices de reclamações economicamente desejados.

Com a redução dos riscos de acidentes as empresas podem reduzir custos relacionados com garantia, *recalls*, indenizações, processos de responsabilidade civil, seguros, etc. A Quadro 2.1 apresenta os custos que os fabricantes estão sujeitos devido a insegurança de seus produtos.

Um método focado para a segurança dos consumidores, que possibilite utilizar as ferramentas aplicadas no decorrer dos projetos, garantirá às empresas o lançamento de produtos mais seguros no mercado.

Quadro 2.1 - Custos por acidentes em produtos.

<u>Custos adicionais em função de acidentes com produtos manufaturados</u>	
<ul style="list-style-type: none"> - pagamentos para indenização de danos ou morte, inclusive prêmios para dependentes; - pagamentos para reivindicações de dano a propriedade não cobertas por seguro. Tais reivindicações também podem incluir: <ul style="list-style-type: none"> - substituição do produto e outros artigos danificados; - perda de função e renda; - custos de recuperação de equipamentos danificados; - despesas com provedores de equipamentos de emergência; - custo de assistência de emergência; - custos administrativos; - as taxas legais de processos; - perda de salários. - taxas legais para defesa contra reclamações; - multas punitivas; 	<ul style="list-style-type: none"> - custos de investigação de acidente; - ações corretivas para prevenir repetições; - perda de produção enquanto as causas do acidente são determinadas e ações corretivas são tomadas; - multas por violação a legislação em função da falha que provocou o acidente; - tempo perdido da alta administração e as pessoas de relações de públicas,; - obsolescência de produtos ou peças associadas com as alterações corretivas; - acréscimo nos custos de seguro; - perda de confiança pública; - perda de prestígio; - degradação de moral; - perda de parte de mercado; - perda de reputação da companhia em qualidade e segurança.

Fonte: American Society for Safety Engineers

CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DAS FERRAMENTAS PARA REDUÇÃO DO RISCO À SEGURANÇA

Neste trabalho, a segurança do consumidor será abordada como um problema a ser solucionado durante o desenvolvimento de um novo produto através da aplicação das ferramentas da confiabilidade em conjunto com os métodos de solução de problemas.

Como o modelo para redução do risco à segurança dos consumidores é aplicado durante o desenvolvimento do produto, a análise do método para desenvolvimento de produtos aplicado na empresa é importante na identificação das fases em que cada etapa do modelo deverá ser executada.

Inicialmente serão analisadas as ferramentas da confiabilidade com foco na determinação de riscos à segurança.

Para melhor compreensão das ferramentas da confiabilidade, seguem as definições utilizadas:

- **Confiabilidade** - é a habilidade de um item para executar uma função exigida sob condições declaradas por um período declarado de tempo, O'Connor (1991);
- **Falha** - é o final da habilidade de um item de realizar a função requerida, O'Connor (1991);
- **Acidente** - é o acontecimento casual, imprevisto que resulta em ferimento e danos para o consumidor, Aurélio (1977);

- **Perigo** - é o risco de acidente que o produto pode oferecer a partir de uma falha, Henley (1992);
- **Risco** - é a probabilidade de um perigo, é a possibilidade da ocorrência de um acidente, Hammer (1991).

Dos métodos mais utilizados para a análise risco à segurança, o PRA (*Probabilistic Risk Assessment*) hoje é o método mais utilizado pelas indústrias aeronáutica, aeroespacial, química e nuclear. Henley (1992)

O PRA é a aplicação das ferramentas mais conhecidas de análise de risco com o emprego das técnicas de quantificação probabilística para a determinação mais precisa da probabilidade de um acidente.

Baseando-se no PRA serão analisadas as ferramentas para determinação do perigo e das ferramentas para a análise das falhas que levam aos acidentes.

Para a aplicação destas ferramentas de análise é necessário um entendimento do produto, funções e partes, assim inicia-se a apresentação destas técnicas pela a análise de sistemas e os diagramas de blocos.

3.1 SISTEMAS E DIAGRAMA DE BLOCOS

Sistema é um arranjo ordenado de componentes interagindo entre si e externamente com o meio ambiente, com outros sistemas e com operadores humanos para exercer determinadas funções.

Os sistemas podem apresentar dois tipos de configurações em função do arranjo de seus componentes: Sistemas em série (figura 3.1) e Sistemas em paralelo (figura 3.2).

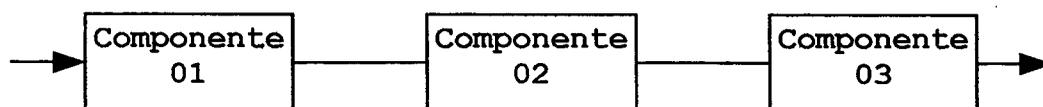


Fig. 3.1 - Diagrama de blocos do sistema em série.

Nos sistemas em série a falha ocorre quando pelo menos um de seus componentes falhar. Este sistema é largamente utilizado em sistemas de proteção, exemplo: fusível de segurança é conectado em série ao circuito que deve ser protegido.

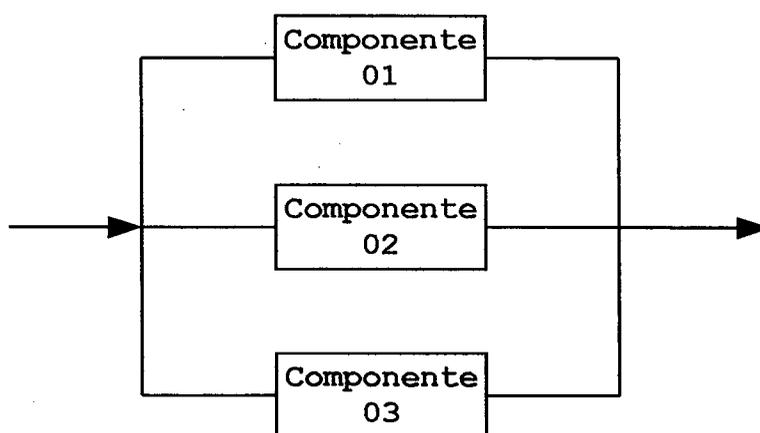


Fig. 3.2 - Diagrama de blocos do sistema em paralelo.

Nos sistemas em paralelo é necessário que todos os componentes falhem para ocorrer a falha do sistema. Este caso é utilizado em sistemas de reserva (*backup*), isto é um sistema idêntico que entra em operação quando o principal falha,

mantendo o equipamento em operação, exemplo: sistemas duplos de navegação em aeronaves.

Dentro das análises de confiabilidade um produto ou parte deste podem ser tratadas como um sistema.

Um produto pode ser desdobrado em vários sistemas até atingir o nível de componentes, elementos que não possam ou não se interesse mais desdobrar. Uma das representações possíveis deste desdobramento é através de um diagrama de sistemas conforme figura 3.3.

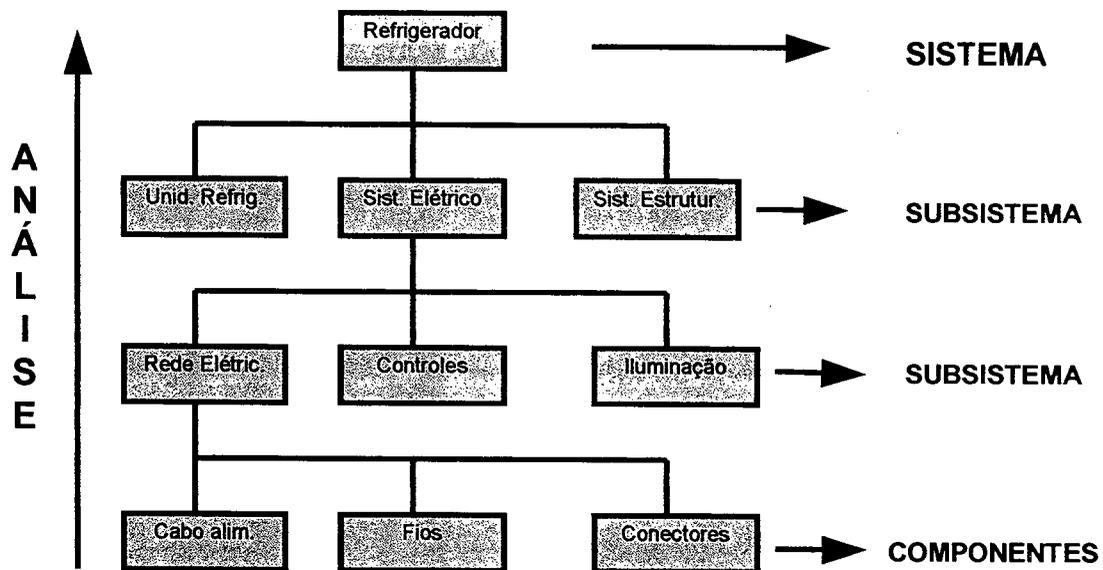


Fig. 3.3 - Diagrama dos sistemas de um Refrigerador.

Para a análise de confiabilidade deve-se fazer uma descrição do sistema que pode conter as seguintes informações:

- uma lista de componentes (alguns componentes podem fazer parte de mais de um sistema, porque as fronteiras dos sistemas se cruzam);
- conexões físicas e a proximidade dos componentes;
- interfaces físicas com outros sistemas;

- a função de cada componente;
- interface funcional entre cada componente;
- operação normal e condições ambientais de cada componente (temperatura, pressão, estresses mecânico, vibrações, etc.);
- modos de falha de cada componente;
- as dependências entre os modos de falhas de cada componente;
- interfaces funcionais com outros sistemas (suprimento de energia, água, combustível, etc.).

Quanto maior for a quantidade de informações obtidas para a descrição do sistema melhor e mais profunda será a análise de risco à segurança, facilitando a aplicação das ferramentas da confiabilidade.

3.2 FERRAMENTAS PARA DETERMINAÇÃO DO RISCO

As ferramentas apresentadas a seguir devem ser as primeiras a serem aplicadas em uma análise de risco à segurança para a determinação e classificação dos perigos de acidentes.

3.2.1 Análise Preliminar de Perigo (PHA - *Preliminary Hazards Analysis*) (fontes: Hammer, 1991 e Henley, 1992)

A análise preliminar de perigos geralmente é a primeira análise que deve ser realizada durante o desenvolvimento de um novo produto ou em um produto a ser modificado.

A PHA abrange mais do que uma identificação preliminar dos elementos de sistemas ou eventos que conduzam a perigos. A análise é estendida através de uma ou mais maneiras formais (qualitativa) de avaliação das sucessões de eventos que transformam um perigo em um acidente com também são avaliadas as conseqüências deste.

Os perigos, depois de identificados, são classificados de acordo com os efeitos que proporcionam.

A classificação normalmente utilizada segundo Henley (1992) é dada a seguir:

- **Classe I de perigo:** efeitos desprezíveis, o acidente pode causar somente pequenos danos materiais;
- **Classe II de perigo:** efeitos marginais, o acidente pode causar danos materiais moderados e a necessidade de reparo no sistema defeituoso;
- **Classe III de perigo:** efeitos críticos, o acidente pode causar a morte, ferimentos, doença, ou severos danos à propriedade;
- **Classe IV de perigo:** efeitos catastróficos, o acidente causará a morte, ferimentos graves, doença permanente ou consideráveis danos à propriedade.

Após a identificação e classificação dos perigos deve ser avaliada a abrangência da prevenção de acidentes, devendo ser orientada para eliminar os perigos da Classe IV e se possível os perigos de Classe III e II.

A figura 3.4 apresenta a árvore de decisão que deve ser considerada para a proposição de ações.

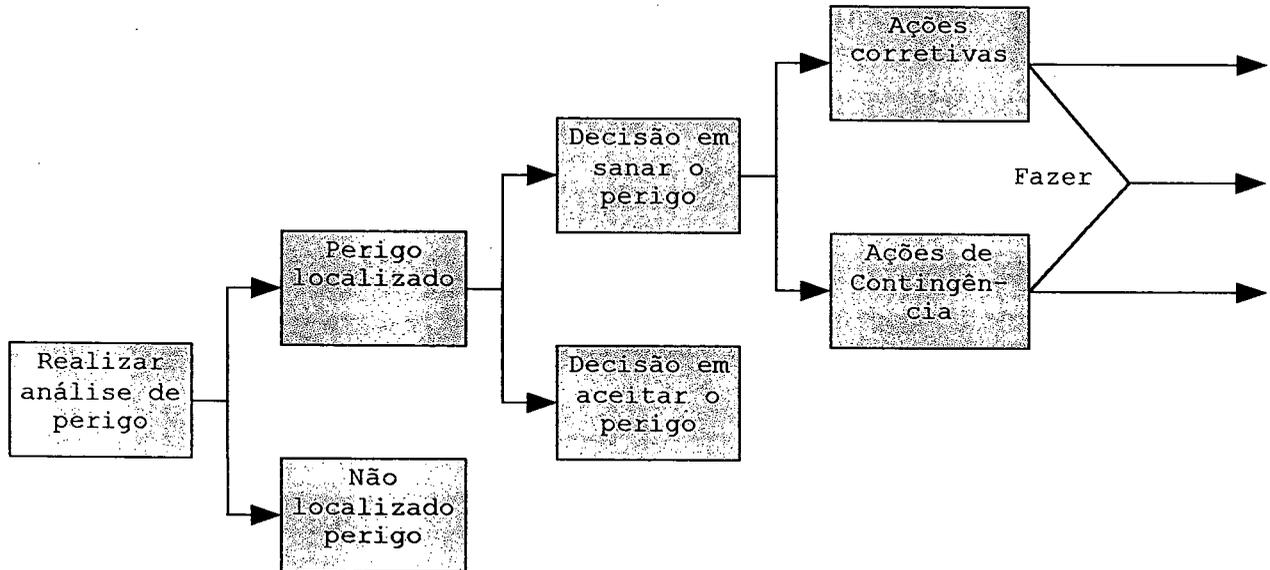


Fig. 3.4 - Árvore de decisão para a análise de perigos. (fonte: Henley, 1992)

As etapas para a aplicação da PHA pode ser resumida em:

1. Levantamento das informações disponíveis: a equipe de projeto deve procurar obter todas as informações disponíveis sobre o produto, materiais, processos, testes, etc.;
2. Identificação das fontes de perigo: qualquer equipamento, material, processos que podem causar risco de vida, ferimentos ou danos à propriedade são considerados fontes de perigo;
3. Preparar a planilha dos perigos e seus efeitos: conduzir preenchimento da planilha conforme figura 3.5.

PHA - Análise Preliminar de Perigos									
Projeto:									
Produto:					Sistema:				
Responsável:									
Elaborado por:					Data:				
Revisado por:					Revisão:				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sistema	Função	Modo de Operação	Elemento de perigo	Acidente potencial	Efeito	Classe de perigo	Plano	Alterações	Validação
Campos:					Tabela das classes de perigos				
1 - Nome do Sub sistema ou componente em análise					Classe I - Efeitos desprezíveis				
2 - Função do sub sistema ou componente					Classe II - Efeitos marginais				
3 - Modo de operação do Sistema					Classe III - Efeitos críticos				
4 - Elementos do sistema que apresentam perigo					Classe IV - Efeitos catastróficos				
5 - Descrição do acidente									
6 - Possíveis efeitos que o acidente pode causar									
7 - Identificar a classe do perigo									
8 - Plano de ações para eliminar o perigo									
9 - Quais são as alterações propostas									
10 - Validação da eficácia das alterações propostas									

Fig. 3.5 - Planilha padrão para PHA. (fonte: Henley, 1992)

As vantagens da aplicação da PHA são:

- trata os sistemas do ponto de vista de segurança e auxilia o incremento da segurança do produto;
- permite identificar os aspectos de perigo dos sistemas;
- permite identificar todos os sistemas, materiais e operações que podem interagir com as fontes de perigo provocando o acidente;
- permite identificar aspectos que deverão ser analisados de forma mais profunda através de ferramentas mais específicas de confiabilidade;

- auxilia na priorização e profundidade que deverá ser dedicada na abordagem dos aspectos de risco.

Dentre as limitações da técnica PHA destacam-se:

- as decisões são tomadas através da experiência e do julgamento pessoal envolvido. Para decisões mais aprofundadas deverão ser utilizadas ferramentas quantitativas mais detalhadas do tipo FTA (*Failure Tree Analysis*), etc;
- para sistemas complexos com várias fontes de perigo e diversos mecanismos causadores de acidentes são necessárias também a aplicação de técnicas dedutivas para melhores avaliações.

3.2.2 A Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis*) (fontes: Henley 1992 e Oodera 1997)

Desenvolvida pela NASA para as aplicações na indústria aeroespacial e de defesa, esta ferramenta vem crescentemente sendo aplicada no projeto de produtos de consumo. (Montgomery, 1996)

Oodera (1997) destaca que após pesquisa realizada em empresas Japonesas pode-se concluir que a FMEA é um método útil para a análise de segurança. E classifica a ferramenta como:

- flexível para ser utilizada em qualquer tipo de indústria;
- aplicável em todas as fases do ciclo de vida do produto;

- eficaz, principalmente quando for aplicada e atualizada durante cada fase do ciclo de vida do produto.

A FMEA é uma técnica de avaliação analítica e sistêmica utilizada para identificar os possíveis modos de falha em potencial de cada componente e determinar os efeitos de cada um sobre o sistema em que opera.

Ao se aplicar a análise de modos de falhas e seus efeitos deve-se observar :

- que tipo de falhas podem ocorrer e se pode existir mais de um modo de falha;
- que partes do sistema são afetadas;
- quais são os efeitos da falha sobre o sistema;
- quais são os efeitos e riscos da falha para o cliente;
- qual a importância da falha;
- como pode ser identificada a falha;
- como prevenir a falha.

Os modos de falha podem ser priorizados conforme sua criticidade e frequência, permitindo que maiores esforços da equipe de projeto se concentrem na solução dos problemas mais críticos.

As análises via FMEA são quantificadas através dos índices de criticidade ou número prioritário de risco (RPM - Risk Priority Number) definidos como:

- **Criticidade** = Probabilidade de ocorrência x Severidade do efeito;

- **RPM** = Probabilidade de ocorrência x Severidade do efeito x Índice de detecção.

Os Quadros 3.1, 3.2 e 3.3 apresentam a quantificação dos índices mais utilizados para o cálculo da criticidade e RPM.

A figura 3.6 apresenta um fluxograma de procedimentos para a execução de uma FMEA e a figura 3.7 apresenta o exemplo de uma planilha para aplicação de FMEA.

A grande deficiência da FMEA é ser uma ferramenta não aplicável para estudo dos efeitos de falhas de múltiplos componentes no sistema, possui melhor aplicação na identificação das falhas de componente e na avaliação de como cada falha, por si só, poderia afetar o sistema. Sundararajan (1991)

Quadro 3.1 - Tabela para avaliação do índice de ocorrência.

Valor	Classif.	Ocorrência	Conceito
10	Muito alta	1/semana	Falhas em proporções alarmantes. (certamente ocorrerá a falha)
8	Alta	1/mês	Número alto e frequente de ocorrências.
6	Moderada	1/ano	Número moderado de ocorrências.
4	Baixa	1/5 anos	Número baixo ou pouco frequente a ocorrência
2	Muito baixa	1/>5anos	Probabilidade muito remota de acontecer. (improvável)

Quadro 3.2 - Tabela para avaliação do índice de severidade.

Valor	Classif	Efeito	Conceito
10	Catastrófico	Danos no sistema e risco a vida	Problema causa perigo de vida aos usuários do produto.
8	Grave	Falha do sistema e segurança	Produto falha na sua função básica e pode causar perigo a segurança do usuário.
6	Severa	Degradação da função	Apresenta degradação progressiva com perda da função básica.
4	Irrelevante	Redução na performance	Provoca redução de performance.
2	sem efeito	sem efeito	Falha de menor importância, quase não é percebido.

Fonte: Onodera, 1997

Quadro 3.3 - Tabela para avaliação do grau de detecção.

Valor	Classif	Efeito	Conceito
10	Não existe	Não detectável previamente	Controle atual com certeza não detectará a falha.
8	Baixa	Detectável nos testes finais	Controle atual de produção provavelmente não detectará a falha.
6	Moderada	Detectável no teste de linha.	Controle atual pode detectar a falha.
4	Alta	Detectável no teste do sistema	Controle detecta a falha, porém pode existir casos eventuais de não detecção da falha.
2	Muito alta	Detectável no componente	Controle certamente detecta a falha.

Fonte: Onodera, 1997

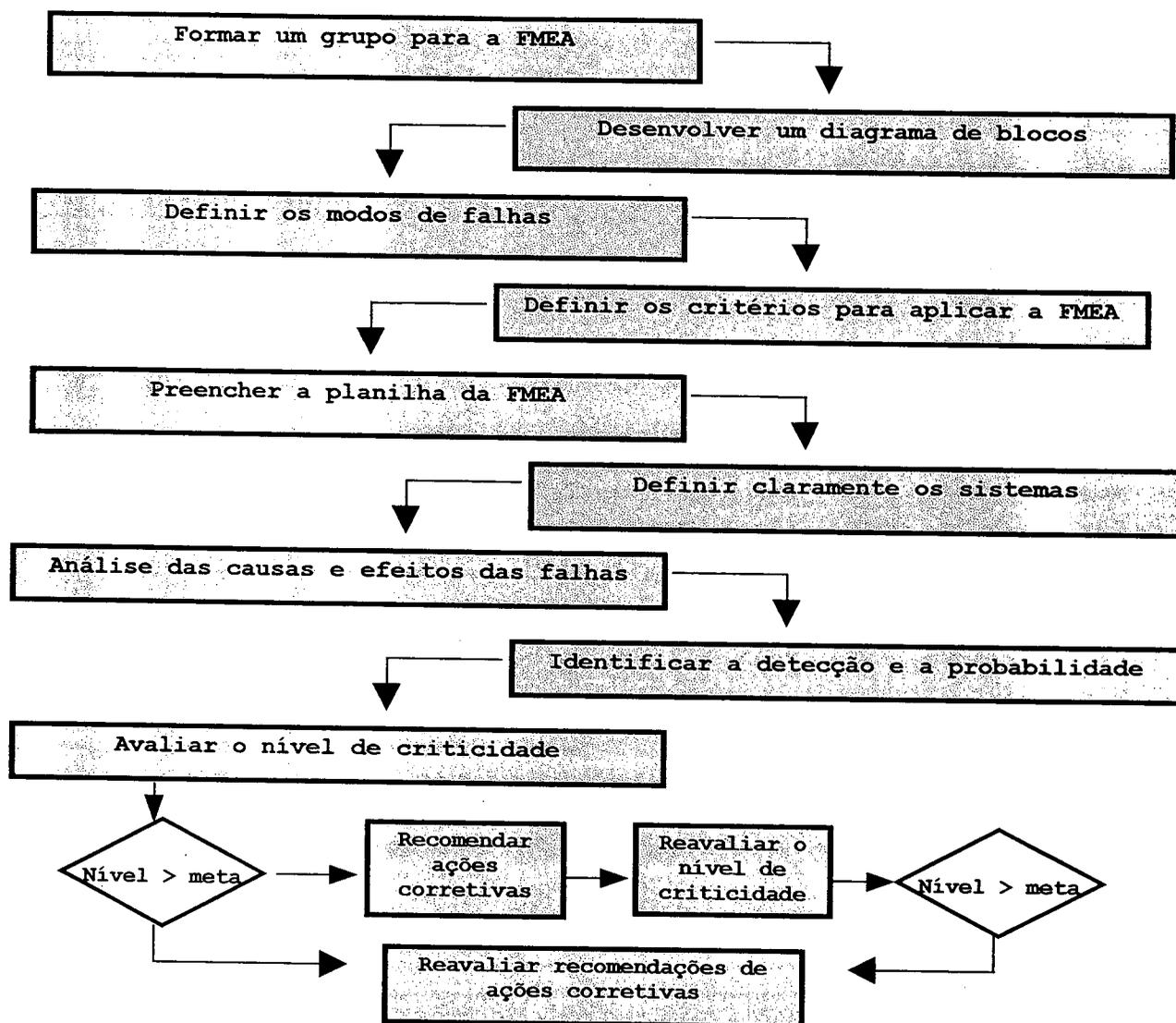


Fig. 3.6 - Fluxograma para FMEA. (fonte: Multibrás, 1994)

FMEA DE PRODUTO															
Projeto:							Produto:								
Responsável:							Data:								
Nome da Peça	Função	Falhas em Potencial			Índices				Ações		Índices				Obs
		Modo	Efeito	Causa	Ocorrência	Severidade	Deteção	Risco	Recomendada	Tomada	Ocorrência	Severidade	Deteção	Risco	
Revisão n°:							Data Revisão:								

Fig. 3.7 - Exemplo de uma planilha de FMEA. (fonte: Multibrás, 1994)

3.2.3 A Análise dos Modos, Efeitos e Criticidade das Falhas (FMECA - *Failure Mode and Critically Analysis*) (fonte: O'Connor, 1991)

O princípio da FMECA é considerar cada modo de falha de cada um dos componentes de um sistema e averiguar os efeitos de cada falha no sistema como é realizado na FMEA. Os modos de falha são classificados em relação à severidade dos efeitos causados no sistema. Jackson (1995).

A norma MIL-STD-1629 prevê no método para a execução da FMECA a elaboração de uma planilha similar a FMEA figura 3.8 e o cálculo do índice de criticidade:

$$Cr = \sum_{i=1}^n [(Probabilidade da perda da função) \times (Frequência da falha) \times (\text{Índice de severidade}) \times (\text{probabilidade de falha})]$$

Onde: n = número dos modos de falhas de cada componente.

PLANILHA DE FMECA											
Projeto:				Produto:							
Responsável:				Data:							
Nome da Peça	Função	Falhas em Potencial			Índices					Ações	
		Modo	Efeito	Causa	Perda de func	Frequência	Severidade	Probabilidade de falha	Criticidade	Recomendada	Tomada

Fig. 3.8 - Exemplo de uma planilha de FMECA. (fonte: O'Connor, 1991)

A ferramenta FMECA é em muito similar a FMEA, diferindo desta pelo maior foco na segurança, com a mensuração da criticidade da falha em relação aos acidentes que possam ocorrer.

3.3 FERRAMENTAS PARA DETERMINAÇÃO DA PROBABILIDADE DO ACIDENTE

Conhecidas as ferramentas para determinação e classificação dos riscos de acidentes, as ferramentas para análise de risco evoluem para a identificação da sequência de eventos que levam ao acidente e para a determinação da probabilidade para a ocorrência do acidente.

3.3.1 Análise da Árvore de Falhas (FTA - *Fault Tree Analysis*) (fontes: Henley, 1992 e Sundararajan, 1991)

A FTA é um procedimento dedutivo utilizado para determinar as várias combinações de falhas a nível de componentes que podem ocasionar em um evento não desejado no nível do sistema em estudo. (Burkett - 1996)

Segundo Sundararajan (1991) a árvore de falhas é uma representação diagramática da relação entre a falha de um componente e um evento não desejável do sistema.

A árvore mostra como uma falha de um ou mais componentes se propagam através do sistema e como estas falhas se interagem

para causar um evento não desejado, no caso deste trabalho um acidente com o consumidor.

As FTA apresentam soluções matemática e gráfica das combinações dos eventos que levam à falha do sistema." (Pullum - 1996)

A FTA deve ser posterior a análise de modos de falhas e seus efeitos (FMEA ou FMECA), como também ao PHA (*Preliminary Hazards Analysis*), embora nenhuma destas análises sejam um pré-requisito para a análise da árvore de falhas.

A análise da árvore de falhas consiste das seguintes etapas:

- Construção da árvore de falhas;
- Análise qualitativa da árvore de falhas;
- Análise quantitativa da árvore de falhas.

3.3.2 Construção da árvore de falhas

Em uma árvore de falhas, a falha do componente é chamada de evento terminal, eventos primários ou eventos finais.

O evento não desejado para o sistema é chamado de evento de topo da árvore de falhas.

Os eventos na árvore de falhas são representados por símbolos. Os símbolos mais utilizados estão representados na figura 3.9.

Para o desdobramento dos eventos a partir do evento de topo da árvore, pergunta-se:

- Como o produto pode falhar ?
- O que é necessário e suficiente para o produto falhar?

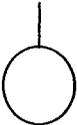
1. 	Evento de Topo - Também conhecido como evento não desejado.
2. 	Evento intermediário - Qualquer evento dentro de uma árvore de falhas, exceto o evento de topo, pode ser chamado de evento intermediário.
3. 	Evento terminal - Também são conhecidos como eventos finais ou eventos primários. Um evento terminal não é mais desdobrado dentro de uma árvore de falhas, estão sempre nas extremidades da árvore.

Fig. 3.9 - Símbolos de eventos para construção da FTA. (fonte: Sundararajan, 1991)

Desta forma, são colocados os eventos detectados pelas respostas às perguntas abaixo do evento de topo conectados por um símbolo que representa uma porta.

A Figura 3.10 apresenta alguns símbolos de portas mais utilizados nas análises de árvore de falhas.

O quanto cada evento deve ser desdobrado depende do interesse de detalhamento que se deseja e da quantidade de informações que se tenha.

No caso de uma análise quantitativa é necessário que se conheça as probabilidades de ocorrência dos eventos terminais.

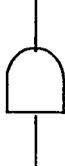
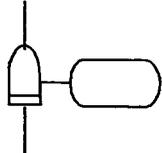
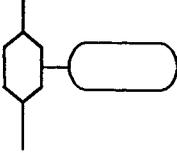
1. 	Porta "ou" - É utilizada para indicar que o evento de saída ocorre se e somente se um dos eventos de entrada ocorrer.
2. 	Porta "e" - É usada para indicar que o evento de saída somente ocorre quando todos os eventos de entrada ocorrerem.
3. 	Porta "ou exclusiva" - É utilizada para indicar que o evento de saída ocorrerá se somente um dos eventos de entrada ocorrer, sendo que os demais eventos de entrada devem estar ausentes.
4. 	Porta "e prioritária" (A prioridade é indicada dentro da oval) - É utilizada para indicar que os eventos de entrada devem ambos ocorrer, porém um destes deverá preceder o outro, como especificado na condição de prioridade.
5. 	Porta "inibidora" - É utilizada para indicar que o evento de saída ocorre quando o evento de entrada ocorrer e a condição inibidora for satisfeita. Somente deve existir um único evento para uma porta "inibidora".

Fig. 3.10 - Símbolos de portas para a construção da FTA. (fonte: Sundararajan, 1991)

3.3.3 Análise qualitativa da árvore de falhas

A análise qualitativa de uma árvore de falhas consiste em determinar o corte mínimo (combinação de eventos terminais que sejam suficientes para a ocorrência do evento de topo), o caminho mínimo e uma qualificação dos eventos terminais conforme sua importância.

Esta análise é muito útil para determinar a importância dos eventos terminais. A classificação qualitativa facilita a classificação dos eventos terminais, sendo muito útil para uma estimativa dos riscos nas primeiras etapas do projeto, antes mesmo que os valores das probabilidades dos eventos terminais estejam disponíveis.

3.3.4 Análise quantitativa da árvore de falhas

A análise quantitativa da árvore de falhas pode ser conduzida independentemente da análise qualitativa ou pode ser realizada utilizando os cortes mínimos obtidos durante a análise qualitativa, dependendo do propósito para o qual a árvore de falhas é usada.

Podem ser calculadas a confiabilidade, disponibilidade e outros parâmetros relacionados com eventos de topo ou intermediários da árvore de falhas.

Existem diversos métodos para o cálculo de uma árvore de falhas; os métodos mais simples até os mais sofisticados cuja aplicação somente ocorre por meios computadorizados.

A seguir apresentam-se os exemplos de dois métodos com grande aplicação nas análises quantitativas das árvores de falhas

- Método tradicional para cálculo de uma árvore de falhas

Para o cálculo da probabilidade do evento ($P[Z]$) acima de uma porta "e", deve-se tomar as probabilidades dos eventos abaixo da porta ($P[A]$ e $P[B]$) e determinar a intersecção destas.

Assim a probabilidade $P[Z]$ é dada por:

$$P[Z] = P[A \cap B] = P[A] \cdot P[B]$$

Para o caso em que se tenha mais de um par de eventos abaixo da porta, pode-se escrever :

$$P[Z] = P[I_1 \cap I_2 \cap I_3 \cap \dots \cap I_n] = P[I_1] \cdot P[I_2] \cdot \dots \cdot P[I_n]$$

Para o cálculo da probabilidade do evento ($P[Z]$) acima de uma porta "ou" , deve-se tomar as probabilidades dos eventos abaixo da porta ($P[A]$ e $P[B]$) e determinar a união destas, assim a probabilidade $P[Z]$ é dada por:

$$P[Z] = P[A \cup B] = P[A] + P[B]$$

Para o caso em que se tenha mais de um par de eventos abaixo da porta, pode-se escrever :

$$P[Z] = P[I_1 \cup I_2 \cup I_3 \cup \dots \cup I_n] = P[I_1] + P[I_2] + \dots + P[I_n] = \sum_{i=1}^n P[I_i]$$

- Diagrama de decisão binária (BDD - *Binary decision diagram*)

O BDD inicialmente era utilizado como uma técnica para verificação de circuitos eletrônicos, mas recentemente foi adaptado para auxiliar na solução das árvores de falhas nas análises qualitativas e quantitativas." (Doyle - 1995)

O BDD passou a ser largamente utilizado por não apresentar relação com o número de componentes do sistema em estudo e o seu tamanho (dimensão da árvore de falhas) provendo eficiente solução para sistemas de grande porte.

De acordo com Sinnamon (1996) o uso do BDD proporciona um meio rápido e eficiente na análise quantitativa da árvore de falhas.

O BDD determina os valores de saída (probabilidade) a partir dos valores de entrada, facilmente identificados, pois somente as variáveis cujos valores afetam o sistema aparecem no diagrama, segundo Pullum (1996).

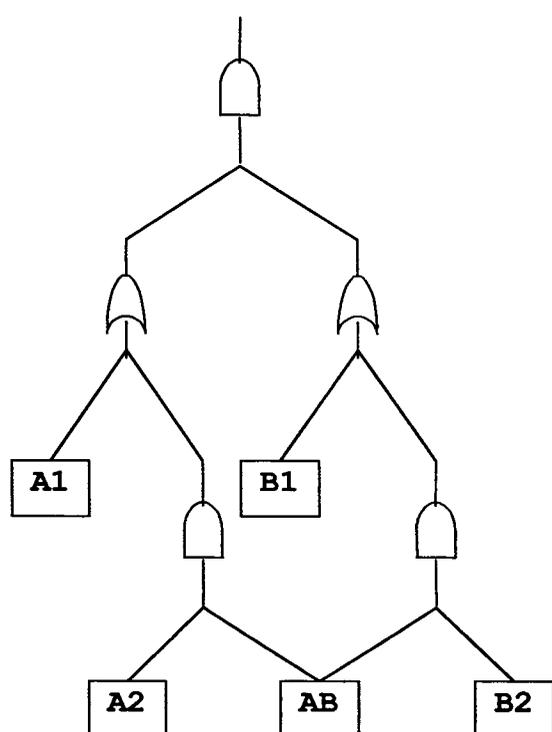
A figura 3.11 apresenta um exemplo de uma árvore de falhas e o BDD equivalente.

A construção do BDD é realizada a partir da árvore de falhas tomando-se para cada nó desta dois caminhos para o BDD.

Atribui-se para o caminho da falha do componente o valor 1 e para o outro o valor 0.

A confiabilidade do sistema é determinada pela soma das probabilidades associadas a cada caminho de valor 1.

Este método possui grande aplicação nos sistemas de cálculo automatizados pela facilidade de programação do método.



ÁRVORE DE FALHAS

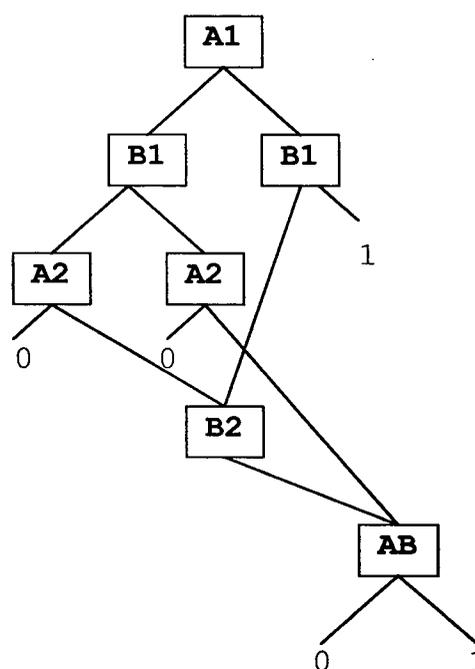


DIAGRAMA DE DECISÃO BINÁRIA

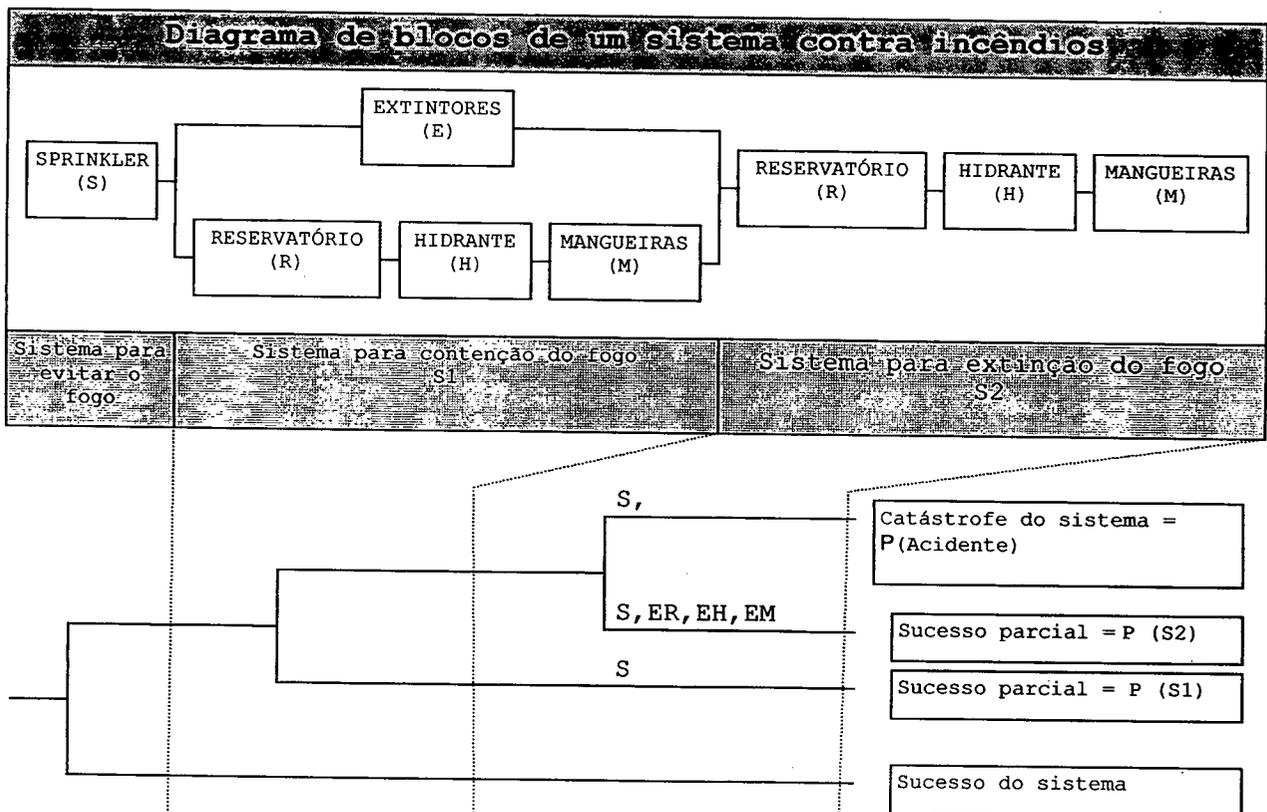
Fig. 3.11 - Exemplo de FTA e BDD equivalente. (fonte: Pullum, 1996)

3.3.5 Análise da árvore de eventos (ETA - *Event trees analysis*) (fonte: Burkett, 1996)

Outra ferramenta muito utilizada para a determinação das probabilidades de falhas ou acidentes é a árvore de eventos.

Para a construção da árvore de eventos é necessário ter o diagrama de blocos do sistema.

A partir do evento inicial responsável pelo acidente, desdobra-se sequencialmente através do sucesso e falha deste, os demais eventos subsequentes que levam ao acidente, conforme figura 3.12.



$$P(\text{Acidente}) = P(S) + [P(E)P(R)] + [P(E)P(H)] + [P(E)P(M)] + P(R) + P(H) + P(M)$$

$$P(S1) = P(S) + [P(E)P(R)] + [P(E)P(H)]$$

$$P(S2) = P(S)$$

Fig. 3.12 - Exemplo de uma árvore de eventos. (fonte: Burkett, 1996)

Como uma análise binária (sucesso ou falha) a quantidade de possíveis caminhos que conduzem ao acidente é 2^{N-1} , onde N é o número de sistemas ou componentes considerados.

A construção da ETA utilizando a lógica dedutiva através da resposta a questão:

- O que irá acontecer se o evento inicial ocorrer ?

Esta lógica é similar a utilizada para a FMEA e para a construção da FTA.

Para a obtenção das probabilidades de cada evento é utilizada a ordem inversa a dedução dos eventos respondendo-se a questão:

- Como este evento pode ocorrer ?

O cálculo da probabilidade de cada caminho para o acidente deve considerar no diagrama de blocos como cada subsistema esta constituído, isto é:

- Para sistemas em paralelo a probabilidade é calculada pela multiplicação da probabilidade de cada componente.

- Para sistemas em série a probabilidade é calculada pela soma das probabilidades de cada componente.

3.4 FERRAMENTAS AUXILIARES PARA A ANÁLISE DE ACIDENTES E RISCO

3.4.1 Desdobramento da Função Risco (RFD - *Risk Function Deployment*) (fonte: Pulli & Heikkinen, 1996)

O desdobramento da função risco RFD é uma ferramenta complementar, utilizada como uma matriz auxiliar ao Desdobramento da função qualidade (QFD - *Quality function deployment*) para guiar as equipes de projeto através das incertezas e dos riscos pertinentes a um desenvolvimento de um novo produto.

A matriz RFD é baseada nas matrizes básicas de correlação do QFD como guia para a análise de risco e sua priorização suportando o gerenciamento de risco através da avaliação dos efeitos dos riscos individualmente e das atividades de mitigação, segundo Pulli (1996).

A matriz de RFD pode ser utilizada para a determinação dos elementos de risco e suas probabilidades e na detecção do risco das partes do produto.

O RFD é composto de duas matrizes básicas R-1 e R-2. A matriz R-1 (figura 3.13) contém as necessidades dos consumidores extraída da primeira matriz do QFD, cruzando com os possíveis riscos do produto obtidos através das ferramentas de análise de risco.

A primeira matriz fornece como resultado para cada risco do produto um peso classificado, segundo à percepção do consumidor.

Estes valores serão utilizados na matriz R-2 como fator multiplicador.

Na matriz R-2 (figura 3.14) são correlacionados os requisitos técnicos através dos componentes do produto com os possíveis riscos do produto. Como resultado desta matriz tem-se

A figura 3.15 mostra o sistema de desdobramento da função risco (RFD) associada ao desdobramento da função qualidade (QFD).

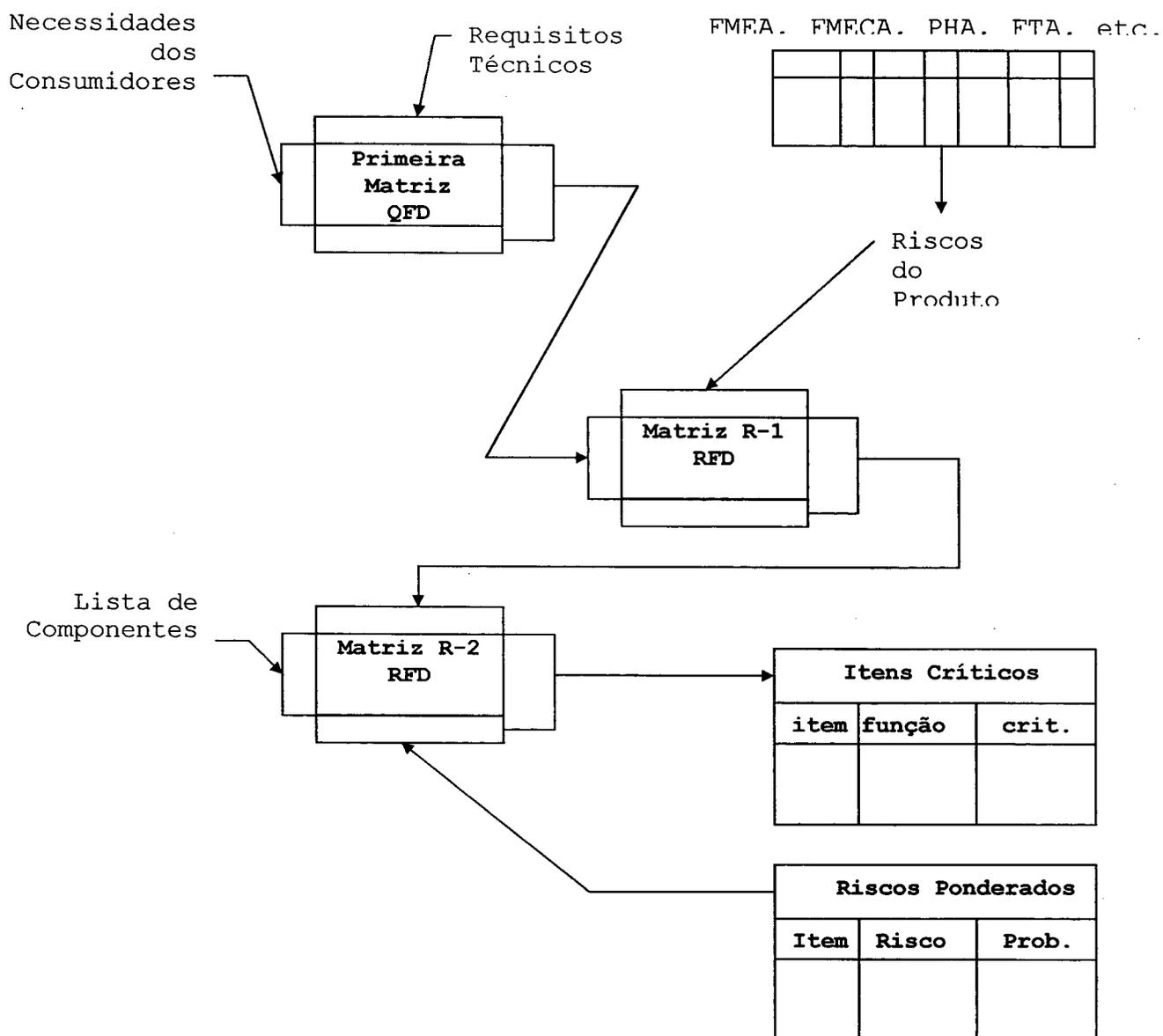


Fig. 3.15 - Desdobramento da Função Risco - RFD. (fonte: Pulli, 1996)

3.4.2 Mapas de raciocínio (*Fuzzy cognitive maps*) (Fonte: Peláez, 1995)

Um mapa Cognitivo descreve o sistema em termos de "conceitos" e a relação entre estes conceitos. Em um sistema as falhas, seus efeitos, suas causas, funções, etc., podem ser tratados como conceitos e variáveis representados pelos nós do mapa. As setas que interligam os nós no mapa representam desta forma as interligações entre as variáveis.

"É uma coletânea de conceitos e causas entre estes conceitos, onde os conceitos estão representados pelos efeitos das falhas, modos de operação, funções, etc., e as interligações representam a causalidade (Sempre, as vezes, comumente, etc.) podendo ser positiva (incremental) ou negativa (inibidora)." (Peláez - 1995)

As figuras 3.16 apresenta um sistema de pressurização de um tanque e a figura 3.17 representa o mapa de raciocínio referente a análise de falha deste sistema.

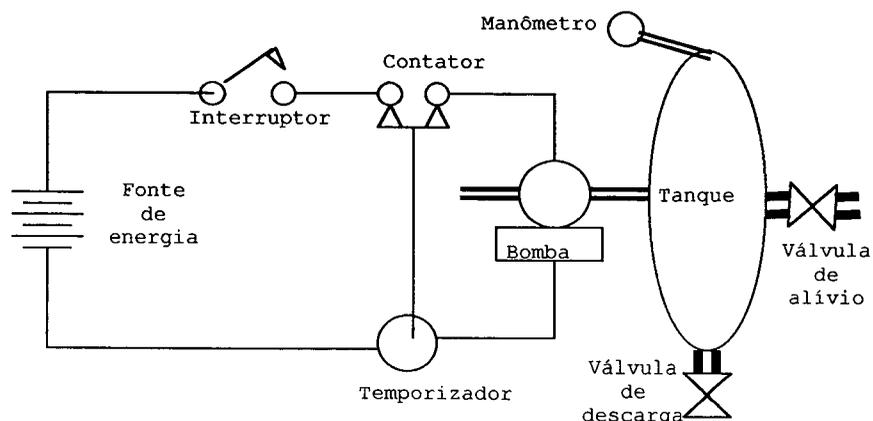


Fig. 3.16 - Sistema de pressurização de um tanque (fonte: Peláez, 1995)

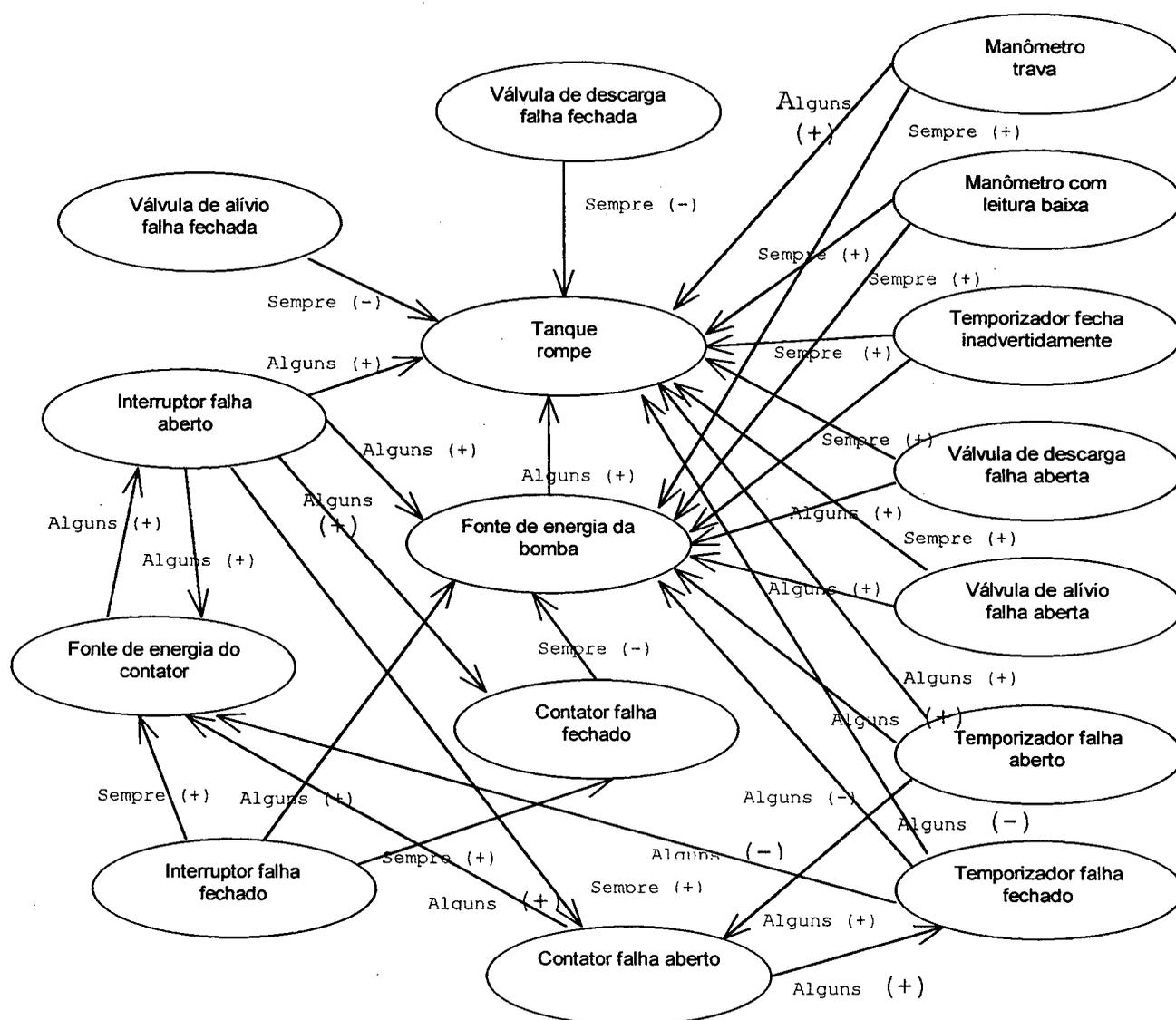


Fig. 3.17 - Mapa cognitivo do sistema de pressurização (fonte: Peláez, 1995)

3.5 ANÁLISE COMPARATIVA DAS FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE RISCO

O Quadro 3.4 apresenta um resumo comparativo das ferramentas analisadas.

Este quadro auxilia na escolha das ferramentas a serem aplicadas para a investigação, definições e classificação dos riscos que conduzem a acidentes em produtos.

Quadro 3.4 - Descrição das ferramentas para análise de risco.

Ferramenta	Características	Vantagens	Desvantagens
PHA Análise preliminar de perigos	Define os perigos dos sistemas para as análises de FTA. Possui interseção com FMEA e FMECA.	Trata os sistemas do ponto de vista da segurança. Identifica os pontos inseguros.	Baseia-se na dedução e na experiência. Pouca profundidade na análise.
FMEA Análise dos modos de falhas e seus efeitos	Examina todos os modos de falhas dos componentes. Orientado para o produto.	Fácil compreensão. Normalizada Não requer conhecimentos específicos.	Demanda muito tempo na aplicação. Não é focada para a segurança. Não avalia as falhas combinadas. Não avalia a interação entre os sistemas.
FMECA Análise dos modos de falhas e criticidade	Identifica e classifica os componentes críticos.	Idem FMEA	Idem FMEA
FTA Análise da árvore de falhas	Desdobra todos os eventos responsáveis por um evento principal. Determina as probabilidades de cada combinação possível.	Determina as relações entre as falhas. Analisa a combinação de falhas. É uma ferramenta analítica.	Não apresenta única solução. Alta complexidade lógica envolvida. Difícil entendimento para grandes sistemas.
ETA Análise da árvore de eventos	A partir do evento inicial analisa todas as seqüências de eventos sucessores.	Avalia as seqüências de eventos que levam ao acidente. Permite o cálculo das probabilidades das seqüências de eventos.	Não é aplicável para análises complexas. Falha no case de seqüências de eventos paralelos.
RFD Desdobramento da função risco	Classifica os riscos de acordo com a percepção dos consumidores. Complementa a aplicação do QFD.	Auxilia na classificação dos riscos. Orienta a classificação para os consumidores.	Depende de análises de PHA ou FMEA. Pouca profundidade nas análises.
Mapas de Raciocínio	Representa o conjunto de eventos e suas relações, possibilitando análises mais complexas.	Auxilia na compreensão dos riscos dos sistemas. Facilita a construção das FTAs	Requer habilidade para sua construção. É uma ferramenta complementar, não fornece informações finais.

3.6 MÉTODO DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Segundo Rossato (1996) O método de solução de problemas implantado a partir da evolução da qualidade para o conceito do TQC (Controle de qualidade total - *Total Quality control*), é um método que permite que os problemas sejam resolvidos de forma racional e científica.

O MASP "Método de solução de problemas" aplica a ferramenta do Ciclo PDCA como meio para atingir as metas na solução de problemas (ver figura 3.18).

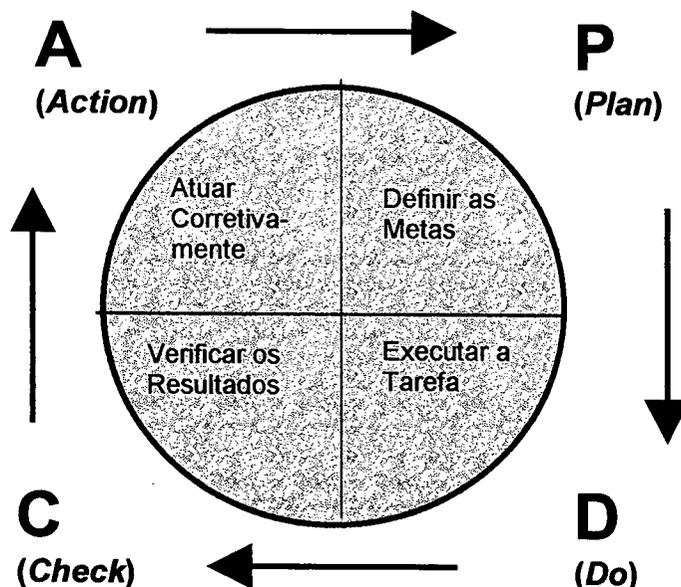


Fig. 3.18 - Ciclo PDCA de melhorias. (fonte: Rossato, 1996)

O ciclo PDCA, foi desenvolvido por Walter A. Shewart na década de 20, mas começou a ser conhecido como ciclo de Deming em 1950, por ter sido difundido por este.

- detalhamento do produto (Desenhos, especificações, normalização, etc.);
- suporte a introdução do novo produto;
- planejamento da produção;
- plano de lançamento do produto;
- certificação final do produto (funcional, estrutural, segurança, etc.);
- lote piloto de produção.

Após 6 meses do lançamento do produto é realizada uma auditoria final para verificação dos resultados atingidos pelo novo produto e se necessário estabelecer ações corretivas.

O processo C2C pode também ser representado na forma de padrão de sistema, que esclarece o envolvimento das diversas áreas da empresa através das fases de desenvolvimento do produto e auxilia tanto no planejamento como no acompanhamento das atividades, conforme figura 3.22.

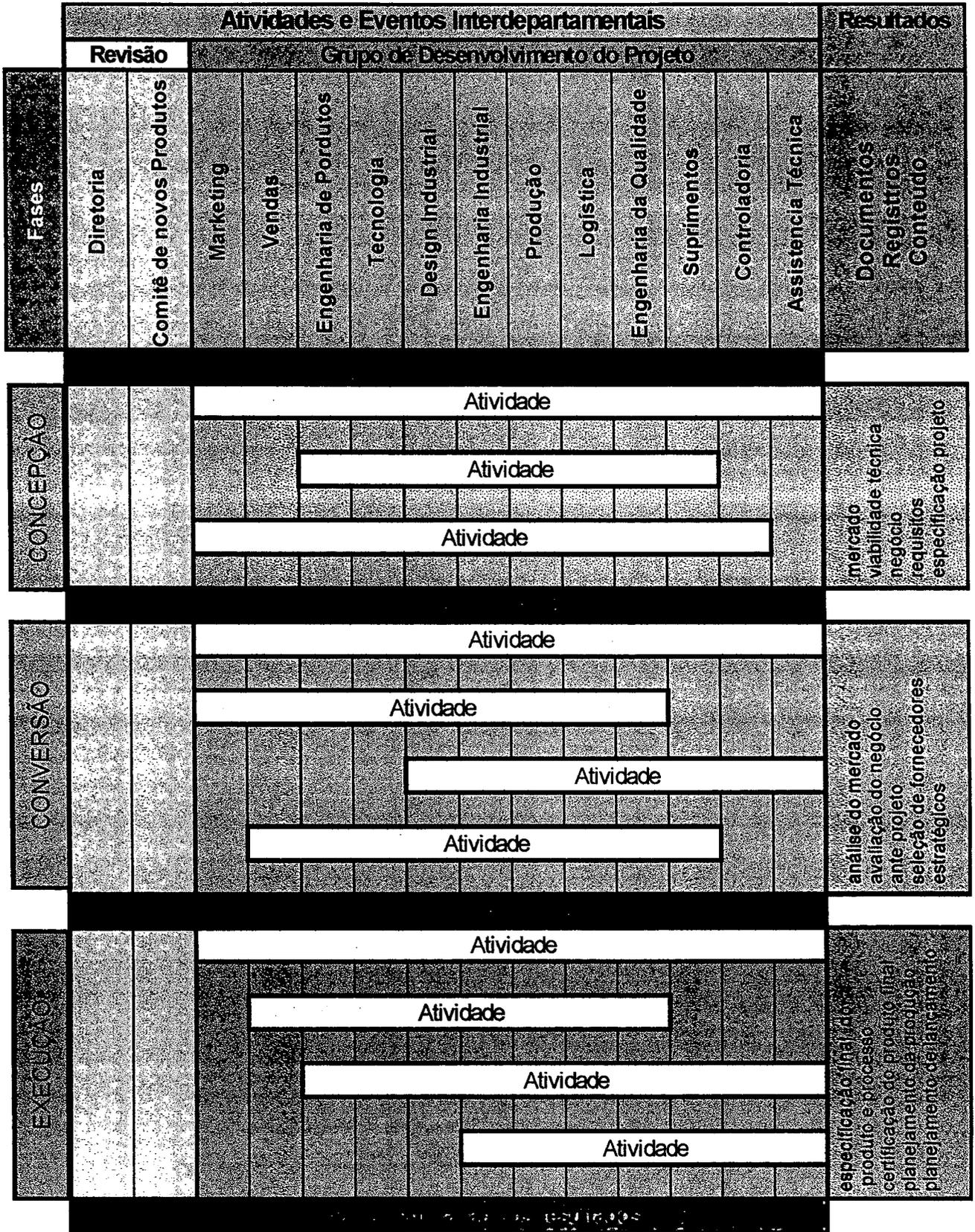


Fig. 3.22 - Padrão de sistema do processo C2C - (Nesta figura foram omitidos detalhes devido confidencialidade das informações) (fonte: Multibrás, 1994)

CAPÍTULO 4 - MÉTODO DE REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA (MRRS)

O método proposto visa garantir melhor segurança para os consumidores com a aplicação sistêmica e organizada das ferramentas conhecidas de análise de falhas e segurança através das etapas de um método de solução de problemas, PDCA, interagindo com os métodos de desenvolvimento de novos produtos.

Pretende-se com esta interação garantir que para cada risco à segurança detectado através das ferramentas de confiabilidade tenha-se uma solução efetivamente implantada antes do início da produção do novo produto, sem entretanto afetar os prazos de lançamento necessários para atender as condições de mercado.

Para o caso de empresas que desenvolvem produtos inovadores em que a segurança dos consumidores seja um aspecto fundamental, as atividades do MRRS podem também ser incorporadas aos métodos de desenvolvimento de produtos.

Segundo Rossato (1996) a aplicação de um método para a solução de problemas (MASP/PDCA) é o melhor caminho para atingir os objetivos desejados, assim será adotado o PDCA para a construção do fluxo de atividades do MRRS.

Este método, por estar baseado no PDCA, possui também a característica de permitir a sua aplicação independente de um método de desenvolvimento de produtos, desde que seja iniciado com as primeiras atividades do projeto.

Um método para redução de risco deve preservar o tempo de desenvolvimento de um novo produto, necessário para a competitividade da empresa no mercado, fundamental para possibilitar a aplicação deste pelas equipes de projeto.

O método proposto deve também permitir ser aplicado no processo de engenharia simultânea, que segundo Huthwaite (1992) corresponde à necessidade de redução dos prazos de projeto e possibilita maior acurácia e menores custos.

No método proposto procura-se garantir o resultado desejado através da obrigatoriedade em incorporar aos testes de desenvolvimento e de certificação do produto, a verificação e homologação das soluções propostas para os riscos de perigo.

Os objetivos específicos do método proposto são:

- reduzir os riscos de acidentes com o produto;
- possibilitar a incorporação segura de novas tecnologias;
- possibilitar o gerenciamento dos riscos, garantindo os objetivos de custo/benefício estabelecidos para o produto;
- permitir que as soluções sejam incorporadas nas fases iniciais do projeto, minimizando os custos das alterações;
- ser de fácil aplicação e não envolver muito trabalho adicional para a equipe de projeto;
- Não afetar no prazo de desenvolvimento de um novo produto.

As ferramentas para a investigação de risco da engenharia da confiabilidade devem ser aplicadas conforme necessidade do projeto e capacitação dos especialistas envolvidos.

Não se sugere propor nenhum tipo de treinamento específico durante o projeto para habilitar os técnicos em novas ferramentas, pois desta forma compromete-se os resultados e o prazo de desenvolvimento do novo produto.

Assim, o método permite que a equipe escolha as ferramentas de investigação de risco, baseando-se nas informações do Quadro 3.4 e nos critérios do Quadro 4.1, da forma que melhor atenda o desenvolvimento do produto no prazo de lançamento e a capacitação da equipe.

4.1 O MÉTODO PARA REDUÇÃO DO RISCO

O MRRS proposto para a redução do risco foi desenvolvido a partir do MASP/PDCA, utilizado como base para a definição das fases do método e para o conteúdo das tarefas e objetivos.

A utilização do MASP/PDCA como diretriz para as atividades do método é importante para a aplicação das ferramentas adequadamente nas fases iniciais do projeto, na implantação das ações de segurança no produto e na validação dos resultados no produto final.

As fases adotadas no método segundo MASP são: Identificação do problema, Análise, Plano de ação, Verificação e Padronização.

Para a aplicação do MRRS é desejável que seja realizada uma fase de preparação, necessária para facilitar o desdobramento das atividades, preservando os prazos estabelecidos para o projeto.

Quadro 4.1 - Critérios para seleção das ferramentas de análise de risco.

Ferramenta	Aplicação	Critério
PHA Análise preliminar de perigos	Primeira análise na identificação de perigos. Classificação qualitativa dos perigos.	Deve ser aplicado em todas as análises de segurança.
FMEA Análise dos modos de falhas e seus efeitos	Determinação das falhas a nível de componentes. Priorizar as falhas em função da criticidade e frequência. Atende não só as falhas que envolvem perigo.	Aplicar em sistemas de pouca complexidade. Necessidade de conhecer o efeito das falhas de componentes nos sistemas do produto. Análise preliminar que antecede a aplicação de ferramentas mais complexas, como: FTA, ETA, etc.
FMECA Análise dos modos de falhas e criticidade	Determinação das falhas a nível de componentes. Priorizar as falhas em função da criticidade e frequência. Atende não só as falhas que envolvem perigo.	Aplicar em sistemas de pouca complexidade. Necessidade de conhecer a criticidade das falhas de componentes nos sistemas do produto. Análise preliminar que antecede a aplicação de ferramentas mais complexas, como: FTA, ETA, etc.
FTA Análise da árvore de falhas	Determinação da probabilidade de ocorrência de uma falha do produto. Determinação da sequência de falhas que conduzem a falha do produto. Análise de falhas combinadas de componentes diferentes.	Sistemas complexos. Interdependência entre componentes de diferentes sistemas. Necessidade em determinar a probabilidade da ocorrência da falha. Criticidade dos perigos envolvidos.
ETA Análise da árvore de eventos	Determinação da sequência de eventos que levam ao acidente em sistemas simples. Determinação da probabilidade de ocorrência de uma falha em sistemas simples.	Sistema simples. Eventos não paralelos. Baixa complexidade das falhas. Baixa criticidade do perigo.
RFD Desdobramento da função risco	Necessidade de foco no consumidor. Garantia da imagem da marca. Classificação percentual das falhas em função dos consumidores. Determinação de componentes críticos em sistemas complexos. Complementar a aplicação de ferramentas específicas, como PHA, FMEA, FTA, etc.	Deve-se possuir a matriz de QFD para o projeto. Sistema complexo. Elevado número de componentes. Foco no consumidor. Não deve ser a única análise para perigos.
Mapas de Raciocínio	Compreensão da inter-relação dos riscos nos diferentes sistemas. Auxílio na construção das FTAs.	Dificuldade na construção da FTA. Necessidade de compreensão das interdependências entre os sistemas.

O Quadro 4.2 apresenta as quatro fases do PDCA interligadas as fases do MASP, descrevendo sucintamente as etapas e atividades do MRRS.

O Quadro 4.3 apresenta um resumo de como as atividades do método para desenvolvimento de produtos (C2C) interagem com as atividades do método de análise de risco à segurança (MRRS).

O Quadro 4.3 possibilita a visualização do método de desenvolvimento de produtos empregado e facilita a adaptação do MRRS para outro método qualquer de desenvolvimento desejado.

4.1.1 Atividades Preparatórias para aplicação do método

Para iniciar os trabalhos de aplicação do método de redução de risco, o líder do projeto deve nomear os participantes para o grupo de análise de risco, conforme segue:

- **Líder Técnico do projeto** - é o engenheiro que deverá coordenar as atividades de aplicação do método;
- **Engenheiro de produtos** - é o membro do grupo com conhecimento detalhado do produto, especificações, tecnologia empregada, inovações, etc.;
- **Representante da Engenharia da Qualidade** - é o responsável pela aplicação das ferramentas de investigação de risco e das informações estatísticas de qualidade da produção e dos fornecedores;

Quadro 4.2 - PDCA para o MRRS.

PDCA para Redução do Risco de Acidentes			
PDCA	FASE	COMO	OBJETIVO
P	Identificação do Problema	<ul style="list-style-type: none"> > Levantamento das características do produto; > Levantamento dos pontos de risco; > Definição dos objetivos para o projeto; > Identificar os sistemas (Diagrama de blocos); > Aplicação da ferramenta de identificação de riscos, PHA. 	<ul style="list-style-type: none"> > Definir claramente os sistemas; > Determinar as possíveis falhas; > Conhecer o produto, os sistemas e as falhas.
	Análise	<ul style="list-style-type: none"> > Selecionar conforme critérios as ferramentas para análise de risco; > Realizar as análises de risco, aplicando as ferramentas selecionadas. 	<ul style="list-style-type: none"> > Determinar e quantificar quais as falhas que podem conduzir a um acidente; > Definir quais combinações de falhas também podem conduzir a um acidente; > Priorizar os perigos e as falhas para possíveis ações.
	Plano de Ação	<ul style="list-style-type: none"> > Propor soluções para evitar ou eliminar o risco de acidente; > Elaborar o plano 5W1H. 	<ul style="list-style-type: none"> > Estabelecer um plano eficiente para bloquear as causas (falhas) responsáveis aos possíveis acidentes.
D	Ação	<ul style="list-style-type: none"> > Executar plano 5W1H > Realizar a Auditoria preliminar de segurança incorporando a verificação das contramedidas; > Elaborar o relatório das 3 gerações para os riscos não eliminados nas ações iniciais tomadas; 	<ul style="list-style-type: none"> > Bloquear as causas > Verificar se todas as contramedidas foram realizadas; > Verificar a efetividade das contramedidas tomadas;
C	Verificação	<ul style="list-style-type: none"> > Realizar a Certificação final do produto (condicionada as soluções dos planos de ações corretivas - 5W1H e Relatório das 3 gerações). 	<ul style="list-style-type: none"> > Garantir a eliminação ou redução desejada para os perigos de acidentes.
A	Padronização	<ul style="list-style-type: none"> > Verificar a necessidade de estabelecer padrões (normalizar as ações ou critérios tomados); > Elaboração e consenso das normas de segurança. 	<ul style="list-style-type: none"> > Prevenir contra o reaparecimento de risco devido a alterações no produto ou em outro novo projeto; > Incorporar as lições aprendidas à tecnologia da empresa.

Quadro 4.3 - Resumo comparativo do método C2C e do MRRS.

Método para desenvolvimento de produtos		Metodo para redução do risco a segurança	
Fases	Atividade	Fases	Atividades
Concepção	Análise Preliminar do mercado	Atividades preparatórias	Levantamento das informações dos consumidores (Pesquisa de mercado, QFD, etc)
	Análise de viabilidade técnica		-
	Análise preliminar do negócio		-
	Definição preliminar dos requisitos	Planejamento	Levantamento das informações do produto, campo e fábrica
	Especificação preliminar do projeto		Identificar o produto;
	Planejamento das atividades de projeto		Identificar os sistemas; Identificar os riscos (PHA) Realizar análises de risco Propor soluções Elaborar plano 5W1H
Conversão	Análise de mercado	Ação	-
	Planejamento do negócio		-
	Definição dos requisitos		Estabelecer metas para segurança
	Especificação para o projeto do produto		Reavaliar as análises com informações atualizadas
	Especificação preliminar do produto		Desenvolver as soluções do plano 5W1H
	Teste de laboratório e campo		Auditoria preliminar de segurança
	Especificação preliminar do processo		Elaborar relatório das 3 gerações para ações não eficazes Especificar capacidade para atender as ações do plano 5W1H
Execução	Especificação final do produto	Verificação	Desenvolver as soluções do relatório de 3 gerações
	Especificação final de processo		-
	Lote piloto		-
	Teste de campo final		-
	Certificação do produto		Auditoria de segurança Elaborar relatório das 3 gerações para ações não eficazes
	Planejamento da produção		Certificação final ou condicional
	Plano de lançamento comercial		-
	Produção		-
Auditoria final	Análise e avaliação de satisfação dos clientes	Padronização	Informações de campo de acidentes
	Avaliação dos resultados finais		Necessidades de padronização Elaboração e consenso de normas

- **Representante do Laboratório** - é o responsável pelas exigências normativas aplicadas, condução dos testes e da certificação do produto;
- **Representante da Assistência ao Consumidor** - é o responsável pelas informações de campo, estatísticas dos problemas, etc.;
- **Representante da Manufatura** - é o responsável pelas informações de capacidade fabril e manufaturabilidade do produto e das propostas.

O grupo formado pelos componentes assim especificados, devem como primeira tarefa, providenciar o material necessário para início dos trabalhos conforme segue:

- **briefing do produto** - especificações comerciais, requisitos dos consumidores, volumes de vendas e objetivos de custo;
- **especificação do produto** - requisitos técnicos, funções previstas, dimensões, lista de peças ;
- **desenhos preliminares**, croquis, modelos eletrônicos, montagens, etc.;
- **problemas de campo dos produtos em produção** - Pareto de peças, Pareto de defeitos constatados e reclamados, informações de acidentes com consumidores, *recalls*, etc.;
- **relatórios de problemas na produção** - relatórios de produção, apontamentos de rejeições, apontamentos de testes de aceitação de produtos, etc.;

- **normas de especificação** - requisitos para produto, normas nacionais e internacionais de especificação e segurança;
- **relatórios de Inspeção de Recebimentos** - Lotes rejeitados, problemas encontrados, etc.;
- **relatórios do Laboratório de aceitação de produtos** - gráficos de aceitação de produtos, estatísticas de defeitos, etc.

De posse do material, o grupo está apto para iniciar as atividades do MRRS propriamente dito, sendo que as atividades adiante seguem as fases típicas do PDCA conforme mostrados no Quadro 4.2.

4.1.2 Planejamento

A fase de planejamento compreende as atividades que devem ser realizadas durante a fase de concepção do processo de desenvolvimento de novos produtos.

A figura 4.1 apresenta como a fase de planejamento do método de redução de risco interage com o método de desenvolvimento de produtos.

As atividades da fase de planejamento são subdivididas em:

Identificação do problema: (Conhecer o produto e identificar os riscos e as falhas que conduzam aos acidentes);

Análise: (Aplicação da ferramentas de investigação de risco para determinar a severidade e a probabilidade de acidentes);

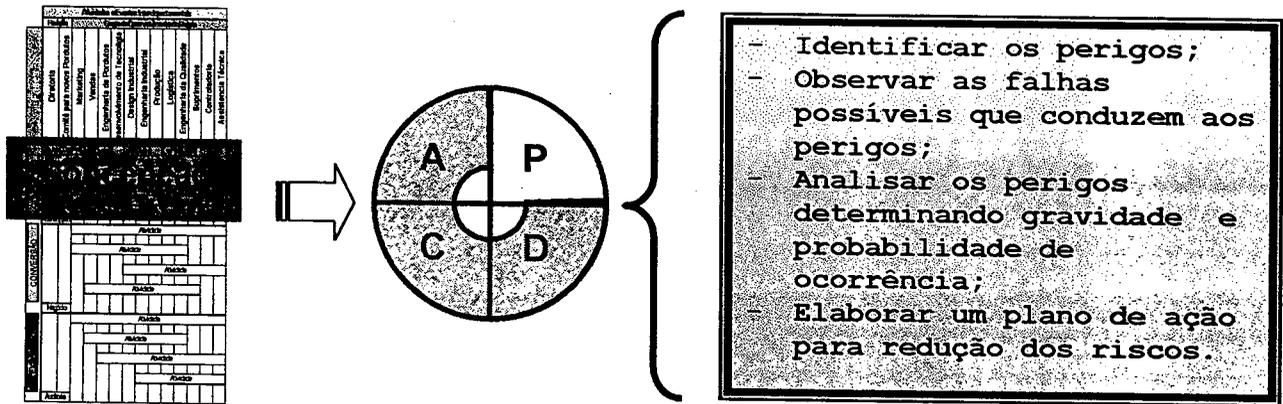


Fig. 4.1 - Fase de Planejamento.

Plano de Ação: (Estabelecer um plano das ações que deverão ser tomadas para reduzir os riscos de acidentes com o novo produto).

Identificação do Problema - Nesta fase o objetivo é identificar os possíveis riscos de acidentes que o novo produto pode apresentar, baseando-se no conhecimento técnico e na experiência de cada membro do grupo.

Para atingir o objetivo desta fase, o grupo de trabalho deve analisar profundamente o produto, as funções, os sistemas e os componentes envolvidos.

As atividades necessárias são:

- Identificar o produto conforme figura 4.2;
- Elaborar a árvore de funções;
- Elaborar o diagrama de blocos;

Com base na árvore de funções e no diagrama de blocos elaborado o grupo deverá descrever as informações de cada componente conforme tabela da figura 4.3, os itens a seguir:

- a função de cada componente;

- as interfaces de entrada e saída de cada componente;
- as condições iniciais de cada componente (Válvula fechada ou aberta, chave aberta ou fechada, etc.);
- operação normal e condições ambientais de cada componente (temperatura, pressão, estresses mecânico, vibrações, etc.);
- operação anormal e condições ambientais sob condições de emergência ou acidentes;
- falhas possíveis;
- índice de ocorrência da falha.

IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO			
PROJETO :		Líder:	
Tipo do Produto	Volume	Sistema	
Refrigerador <input type="checkbox"/>	Refrigerador _____ l.	Direct cooling <input type="checkbox"/>	
Freezer <input type="checkbox"/>	Freezer _____ l.	No frost <input type="checkbox"/>	
Combinado <input type="checkbox"/>	Total _____ l.	Cycle defrost <input type="checkbox"/>	
Classificação temperatura		Alimentação	
* (6°C) <input type="checkbox"/>	*** (18°C) <input type="checkbox"/>	127V <input type="checkbox"/>	50 Hz <input type="checkbox"/>
** (12°C) <input type="checkbox"/>	**** (18°C) <input type="checkbox"/>	220V <input type="checkbox"/>	60Hz <input type="checkbox"/>
Cap. Congelamento: _____ Kg			50/60Hz <input type="checkbox"/>
Novas Funções		Novas Tecnologias	

Fig. 4.2 - Exemplo de uma tabela para identificação do produto.

As fontes de pesquisa para esta fase são os dados estatísticos da ocorrência das falhas, os relatórios de informações de campo, inspeção de recebimento, testes de linha de montagem, testes internos, etc.

TABELA DE INFORMAÇÕES DE COMPONENTES CRÍTICOS							
PROJETO :				Lider:			
Componente	Função	Interface	Condição Inicial	Operação		Falha	Índice
				Normal	Anormal		

Fig. 4.3 - Exemplo de uma tabela de informações dos componentes.

Para os componentes novos deve-se procurar similaridade com os existentes ou desenvolver ensaios para investigação das possíveis falhas.

Os dados obtidos terão fundamental importância para a aplicação das ferramentas de investigação de risco e nas análises qualitativas e quantitativas de cada ferramenta, colaborando para a classificação das falhas e da proposição de contramedidas para o plano de ação.

Para esta atividade é importante o desdobramento das informações de cada componente para possibilitar relacionar as falhas individuais com os perigos relacionados, como também realizar previsões para os componentes novos.

Através da análise das funções e das informações dos componentes críticos, o grupo pode identificar os riscos de perigo de acidentes que o produto pode oferecer em função dos sistemas e das novas tecnologias empregadas através da aplicação do PHA.

Análise - O objetivo desta etapa é a classificação dos perigos através da análise de criticidade e da quantificação da probabilidade de ocorrência de cada possível risco de acidente.

Devem ser aplicados nesta fase as ferramentas de investigação (FMEA, FMECA, etc.) e análise da engenharia da confiabilidade (FTA, RFD, etc.).

Na seleção das ferramentas que serão aplicadas pelo grupo de projeto, deve-se considerar a profundidade com que se deseja realizar a investigação dos riscos, o nível de inovação do novo produto e do próprio conhecimento que se tem de cada ferramenta.

Com base nas informações obtidas na fase de identificação do problema do conhecimento interdisciplinar do grupo as ferramentas selecionadas podem ser aplicadas com elevado grau de eficácia e seus resultados devem ser registrados nos formulários específicos de cada ferramenta como apresentado no capítulo 3.

Elaboração do Plano de Ação - Conforme os resultados da aplicação das ferramentas selecionadas, deve-se elaborar um plano de ação segundo a criticidade e probabilidade de ocorrência das falhas em uma tabela 5W1H (figura 3.19).

Para as atividades mais complexas, além da tabela 5W1H deve-se elaborar um cronograma detalhado para garantir a ação corretiva dentro do prazo estipulado para o projeto.

A tabela 5W1H deve ser gerenciada pelo líder do projeto sistematicamente, agindo corretivamente para que o plano seja cumprido conforme planejado.

4.1.3 Execução/Ação.

A fase de execução corresponde as ações de projeto para implementar as ações definidas na fase de planejamento e também buscar soluções para atender o plano de redução de risco.

A figura 4.4 apresenta a relação da fase de execução do método de redução de risco com o método de desenvolvimento do produtos.

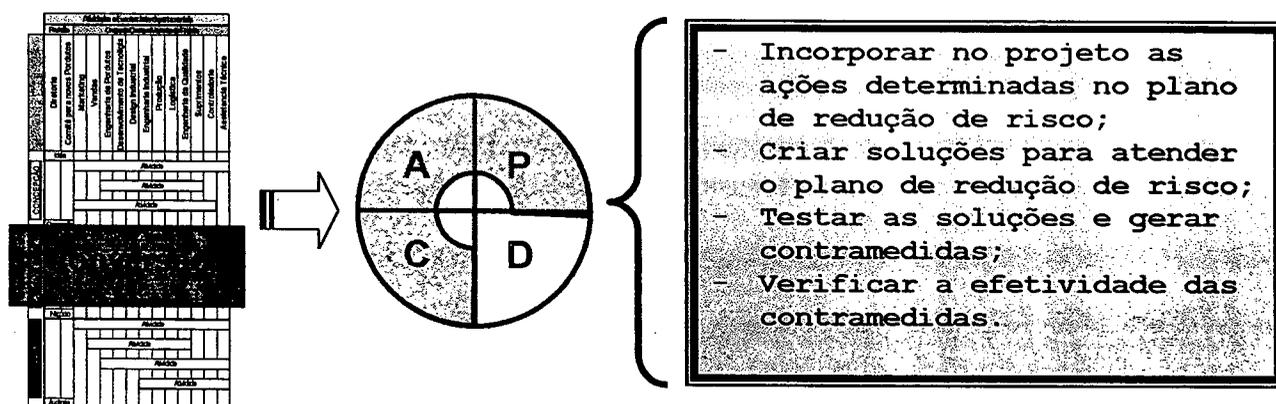


Fig. 4.4 - Fase de Execução/Ação.

As ações tomadas devem ser verificadas nos protótipos em uma auditoria preliminar de segurança em que são verificados todos os riscos de acidente conforme identificados nas fases anteriores.

Para as alternativas que não apresentarem desempenho satisfatório ou a possibilidade elevada do risco, deve-se elaborar um plano de contramedidas (Relatório das três gerações) conforme figura 3.20.

quanto ao atendimento às normas vigentes de desempenho e segurança.

No método de redução do risco à segurança são incorporados na certificação os testes necessários para verificar também se os objetivos de segurança foram atingidos.

Após a aprovação em todos os ensaios previstos, inclusive os determinados nas análises de risco, o produto pode ser certificado e liberado para a produção.

No caso do produto apresentar falhas de pequenas consequências, pode-se conceder uma certificação condicional acompanhado de um relatório de três gerações apontando os problemas encontrados e definindo-se propostas e prazos para solução dos mesmos.

A certificação definitiva do produto somente poderá ser liberada quando todas as falhas não mais proporcionarem riscos à integridade física dos usuários.

4.1.5 Padronização

O grupo de redução de risco à segurança que atuou no projeto deverá analisar todo o processo procurando identificar nas soluções adotadas, quais podem ser normalizadas ou sistematizadas, incorporando-as como tecnologia dominada para futuros projetos.

Devem ser apresentados os resultados obtidos e incorporados à empresa, na auditoria final realizada 6 meses após lançamento do produto no mercado consumidor, como mostra a figura 4.6.

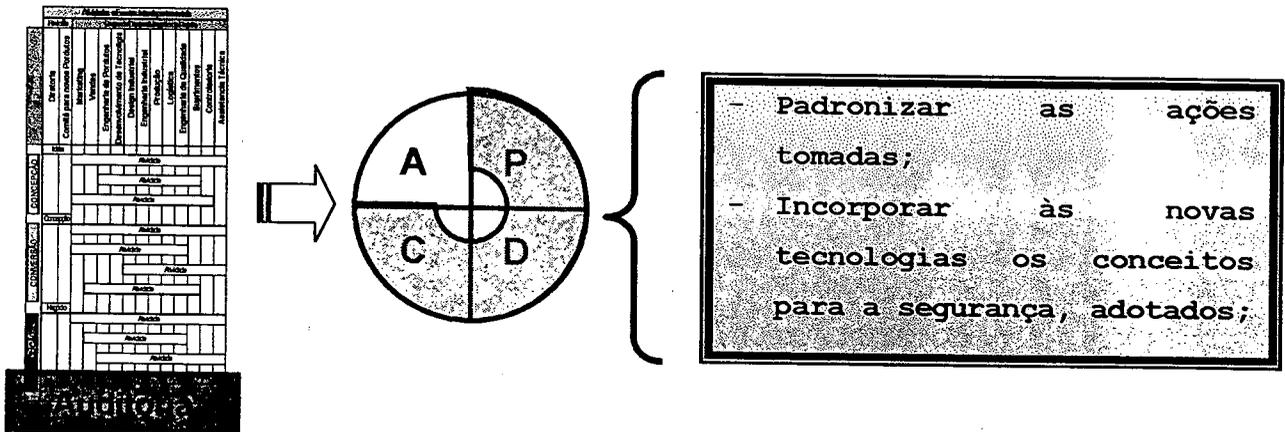


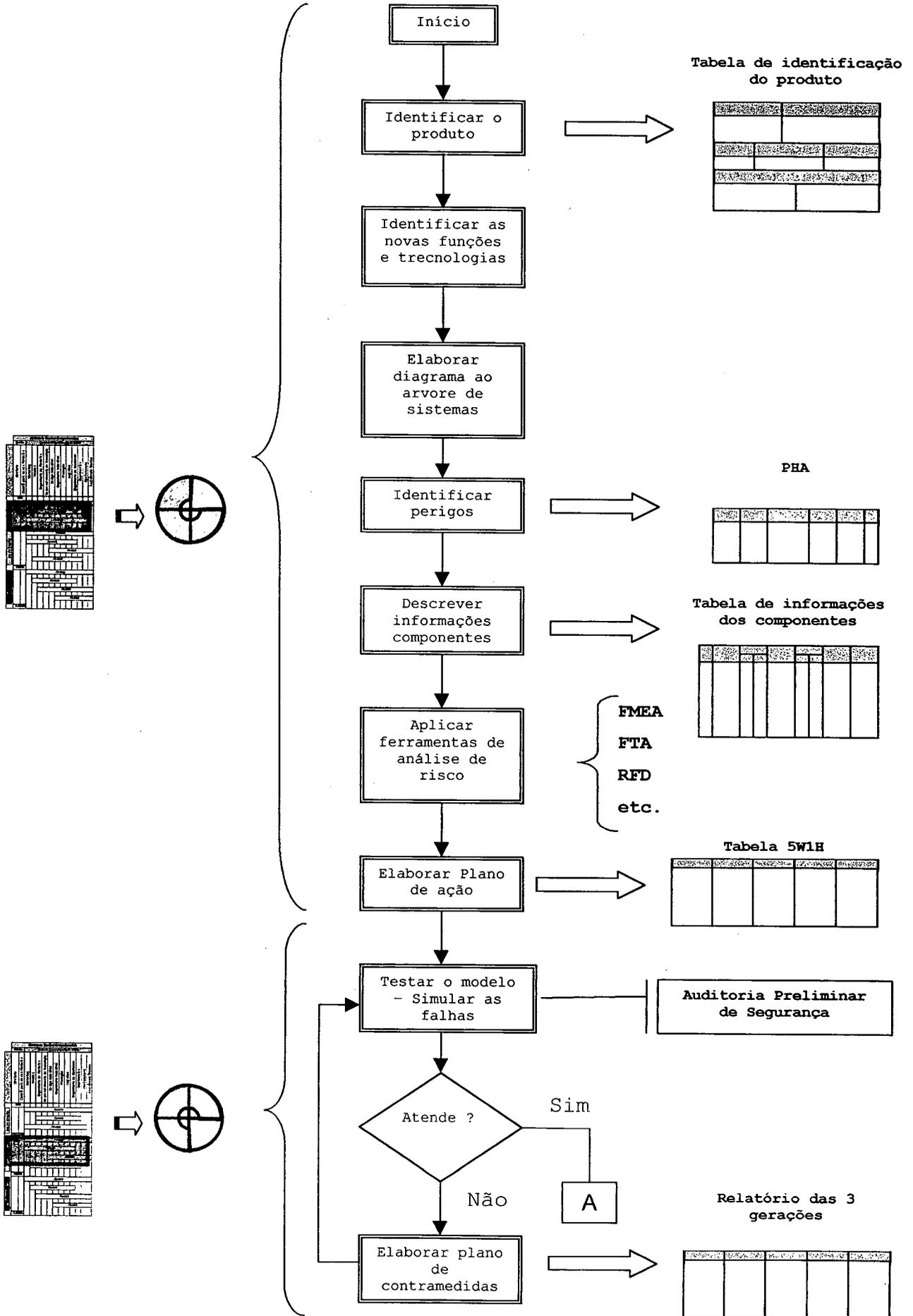
Fig. 4.6 - Fase de Padronização.

4.2 MANUAL PARA REDUÇÃO DO RISCO DO CONSUMIDOR

Para o entendimento de todos os participantes da aplicação do método na empresa foi elaborado um manual denominado "**Manual para Redução de Riscos à Segurança (MRRS)**" conforme Anexo 1.

Este manual apresenta as instruções necessárias para o grupo realizar a análise de risco de forma padronizada e sistêmica nos projetos de novos produtos.

Objetivando melhor entendimento da aplicação do método foi elaborado um fluxograma (Figura 4.7) dos processos envolvidos, acompanhado por um ícone do padrão de sistema do processo de desenvolvimento de produtos indicando em que fase do desenvolvimento cada etapa do método deve ser aplicada.



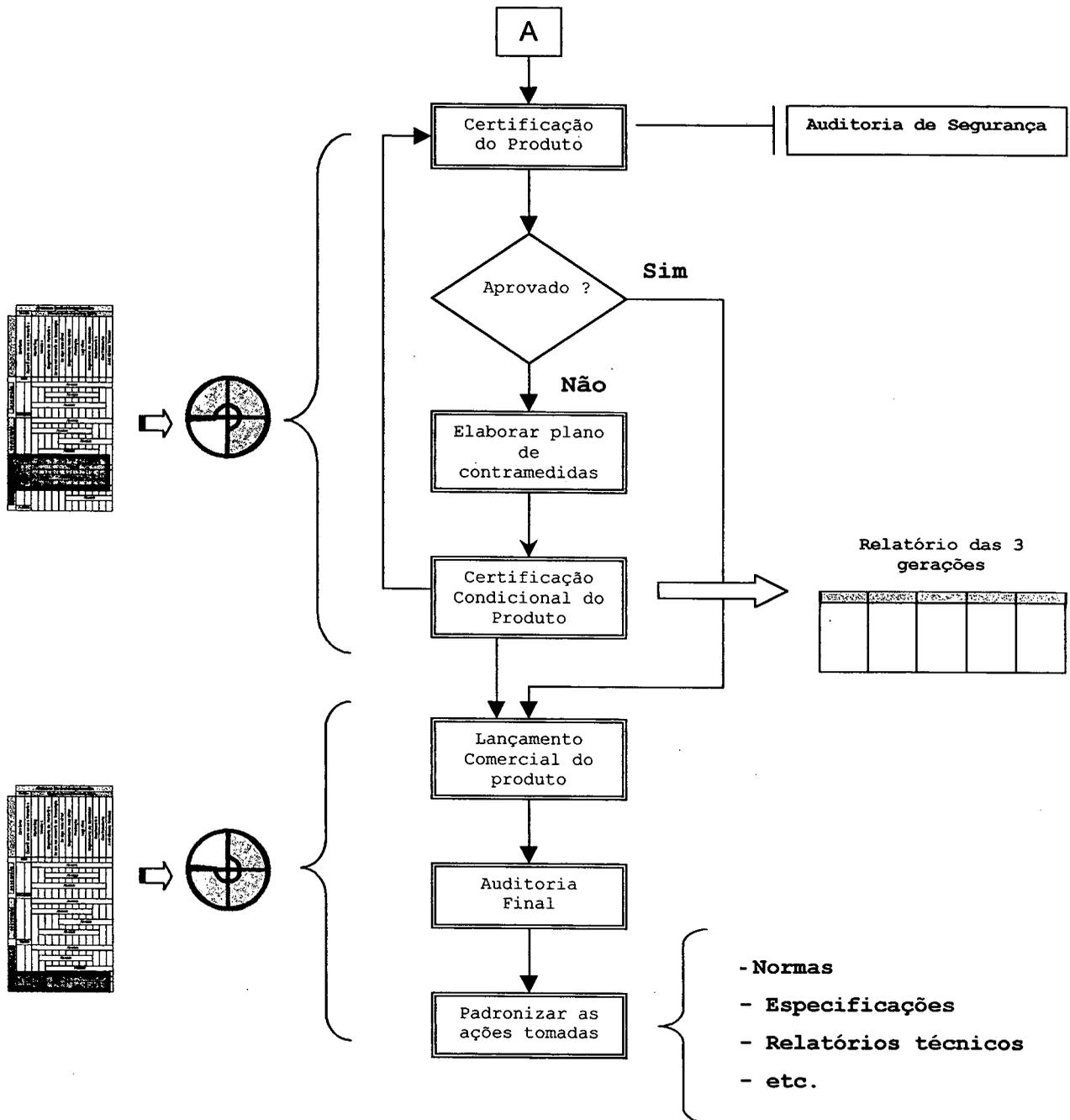


Fig. 4.7 Fluxograma do método para redução de risco.

CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA (MRRS)

EM UM PROJETO DE CONGELADOR VERTICAL

O projeto de um novo congelador vertical de degelo automático (*No Frost*) para uso doméstico que estava em fase inicial de desenvolvimento, foi escolhido por possuir a complexidade e nível de inovação desejados para a aplicação do método.

O líder do projeto e o líder técnico foram responsáveis em selecionar os participantes do grupo de aplicação do MRRS (ver o capítulo 5 item 1 do manual do MRRS (Anexo 1), conforme apresentado no Quadro 5.1).

Para o grupo de desenvolvimento deste produto, foi apresentado o Manual do MRRS (Anexo 1) e realizado um rápido treinamento do método, uma vez que todos os participantes já possuíam o conhecimento de MASP/PDCA, do método de desenvolvimento de produtos C2C e das ferramentas de análise que seriam empregadas.

Durante o treinamento ficou estabelecido que o grupo se reuniria semanalmente para as atividades do MRRS.

Quadro 5.1 - Grupo de análise.

Nome do Projeto:	PROJETO KRYOS
Líder do Projeto:	Nilton Simas
Grupo de Análise:	Paulo R. Queiroz Líder técnico
	Adair Hoffmann Eng. De produtos
	Antonio de Souza Eng. De Qualidade
	Jones Pasqualoto Eng. de Assistência ao Consumidor
	Jose A. Salles Eng. de Laboratório
	Vicente T. Bonassa Eng. de processos

5.1 APLICAÇÃO DO MÉTODO

A Primeira tarefa delegada aos participantes foi para que cada um providenciasse em suas respectivas áreas as informações necessárias sobre o produto, o projeto, informações de campo e fábrica e requisitos dos consumidores.

Em função da complexidade do trabalho realizado e das informações confidenciais para a empresa, será apresentado como demonstração da aplicação do método, somente o sistema de degelo, no qual foram obtidos os melhores resultados com o método.

5.1.1 Fase de Planejamento

A primeira tarefa desta fase foi a identificação do produto conforme Quadro 5.2.

Quadro 5.2 - Identificação do produto.

IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO			
PROJETO : KRYOS		Líder:	Nilton Simas
Tipo do Produto	Volume	Sistema	
Refrigerador <input type="checkbox"/>	Refrigerador _____ litros	Direct cooling	<input type="checkbox"/>
Freezer <input checked="" type="checkbox"/>	Freezer 222 e 261 litros	No frost	<input checked="" type="checkbox"/>
Combinado <input type="checkbox"/>	Total 222 e 261 litros	Cycle defrost	<input type="checkbox"/>
Classificação temperatura		Alimentação	
* (6°C) <input type="checkbox"/>	*** (18°C) <input type="checkbox"/>	127V <input checked="" type="checkbox"/>	50 Hz <input checked="" type="checkbox"/>
** (12°C) <input type="checkbox"/>	**** (18°C) <input checked="" type="checkbox"/>	220V <input checked="" type="checkbox"/>	60Hz <input checked="" type="checkbox"/>
Cap. Congelamento: _____ Kg		50/60Hz <input type="checkbox"/>	
Novas Funções		Novas Tecnologias	
limpeza		integrados	
Congelamento super rápido		Conjunto evaporador e sistema de degelo integrado	
Degelo adaptativo		Cestos plásticos	
Alarme de porta		Controle eletrônico	
Sistema de congelamento seletivo		Degelo adaptativo	
Interruptor de luz não aparente		Gerenciador de ventilação	

O produto foi desdobrado em um mapa de sistemas a partir dos macro sistemas até o nível de componentes, conforme Quadro 5.3. Deste desdobramento foi possível definir quais são os componentes críticos para levantamento das falhas conforme Quadro 5.4.

Identificação do Problema

Na sequência do trabalho de investigação dos riscos à segurança foi desenvolvido o PHA a partir do conhecimento e do

histórico da empresa, onde os resultados são apresentados nos Quadros 5.5, 5.6 e 5.7.

Quadro 5.3 - Mapa dos sistemas (somente sistema de degelo).

MAPA DE SISTEMAS			
Projeto: Kryos		Produto: Congelador vertical de 222 l e 261 l	
Responsável: Paulo R Queiroz		Data: 26/04/97 - Revisado : 10/06/97	
Sistema	Subsistema	Componente	Função
Degelo	Aquecimento	Resistência de degelo	Aquecer o evaporador
	Controle	Termostato	Acionar o contador de tempo no módulo eletrônico.
			Contador de tempo
		Termostato degelo	Interromper a resistência Sinalizar para o gerenciador de degelo o final do degelo.
			Gerenciador de degelo

Da análise do PHA foram identificados os perigos que o produto poderia apresentar sendo estes de classe IV, III e II para o sistema de degelo.

Dos perigos mais graves destaca-se o incêndio que em função da característica do degelo adaptativo proposto, onde este pode ocorrer a qualquer hora do dia ou da noite, percebeu-se que caso a falha que provoque o incêndio ocorra a noite, a probabilidade de provocar a morte do consumidor era muito grande.

Quadro 5.4 - Informações dos componentes críticos.

TABELA DE INFORMAÇÕES DE COMPONENTES CRÍTICOS							
PROJETO : Kryos		Líder: Paulo R Queiroz					
Componente	Função	Interface	Condição Inicial	Operação		Falha	Índice
				Normal	Anormal		
Resistência de degelo	Aquecer o evaporador	Evaporador	desligado	Aquecer	Sobreaquecer	Isolação trincada	0.01
		Rede elétrica				Isolação umida	1.01
		Timer				Conector trincado	0.1
		Termostato degelo					
Termostato	Acionar contador	Contador	ligado	Cícla com temperatura	não cícla	contato colado	0.001
		Rede elétrica				contato não fecha	0.01
						fuga de corrente	0.0001
Contador	Contar tempo degelo	Termostato	desligado	cícla com o termostato	não cícla	Para	0.1
	Permitir tempo para escoamento	Termostato degelo				Aciona resistencia	0.01
		Rede elétrica				Permaneoe fechado	0.1
		Resistência de degelo					
Termostato degelo	Interromper resistência	Timer	fechado	abre com resistência	não abre	colado	1
	Sinalizar gerenciador	Resistência de degelo				mau posicionado	15
		Rede elétrica				desregulado	0.01
						trava	0.01
Gerenciador degelo	Gerenciar intervalo	Resistência de degelo				relê fechado	0.1
	Gerenciar prioridade	termostato de degelo				aciona compressor	0.01
		timer				para	0.1
		rede elétrica	aberto	-	-	trava	1.01

Também foi detectado a alta probabilidade do perigo do produto provocar choque elétrico no usuário e que pelas tensões em que o produto seria comercializado (127 V e 220 V) o risco do acidente poderia ser fatal.

Os perigos de classe III e II que poderiam causar diretamente danos físicos aos consumidores foram detectados:

- o perigo de queimadura caso a resistência de degelo de 500 Watts ficasse em operação por tempo demasiadamente longo;
- a possibilidade de intoxicação por ingestão de alimentos mal congelados, devido ao tempo de degelo elevado, onde a temperatura interna do produto poderia ultrapassar a temperatura limite de conservação.

Análise

Dando prosseguimento a aplicação do método, o grupo de análise passou a aplicar as ferramentas de confiabilidade que possibilitam melhor análise quantitativa e qualitativa dos perigos detectados no PHA.

A primeira análise foi realizada com o FMEA que normalmente é utilizada para todos os componentes novos de um produto em desenvolvimento na empresa, porém nesta análise foram focados somente os componentes do sistema de degelo.

Os resultados do FMEA podem ser observados nos Quadros 5.8, 5.9, 5.10 e 5.11.

A partir da análise de FMEA pode-se observar melhor a complexidade das falhas dos componentes que levam aos acidentes com o produto e também priorizar as ações em função do índice de risco.

Quadro 5.5 PHA do sistema de gelo para Congelador vertical.

PHA - Análise Preliminar de Perigos						
Projeto Kryos		folha: 01 de 03				
Produto Congelador vertical de 222 l e 261 l		Sistema: Degelo				
Responsável: Paulo R Queiroz		Data: 24/10/97				
Elaborado por: Paulo R Queiroz e Antonio dos Santos		Revisão: 12/11/97				
Revisado por: Antonio dos Santos						
1	2	3	4	5	6	7
Sistema	Função	Modo de Operação	Elemento de perigo	Acidente potencial	Efeito	Classe de perigo
Degelo	Aquecer o evaporador	Resistência energizada até abertura do termostato	Resistência de degelo - falha na isolação.	Choque elétrico Incêndio	Pode causar a morte Pode causar a morte	IV IV
	Acionar o contador de tempo	Abre e fecha os contatos conforme temperatura interna do produto.	Termostato - falha na isolação.	Choque elétrico	Pode causar a morte	IV
	Contar o tempo de intervalo entre degelos.	Acumula o tempo que o termostato aciona o compressor.	Contador de tempo - falha no acionamento do degelo.	Aquecimento excessivo.	Queimadura	III
	Permitir tempo para escoamento do degelo.	Após abertura do termostato de degelo, mantém o produto em degelo por mais 5 mim.	Contador de tempo - falha na contagem do tempo.	Estragar alimentos	Intoxicação	II
	Interromper a resistência	Normalmente fechado, abre após o degelo, voltando a fechar com o funcionamento do compressor.	Termostato de degelo - falha nos contatos.	Aquecimento excessivo. Estragar alimentos	Queimadura Intoxicação	III II

Quadro 5.6 - PHA do sistema de gelo para Congelador vertical.

PHA - Análise Preliminar de Perigos						
Projeto: Kryos			folha: 02 de 03			
Produto: Congelador vertical de 222 l e 261 l			Sistema: Degelo			
Responsável: Paulo R Queiroz			Data: 24/10/97			
Elaborado por: Paulo R Queiroz e Antonio dos Santos			Revisão: 12/11/97			
Revisado por: Antonio dos Santos						
1	2	3	4	5	6	7
Sistema	Função	Modo de Operação	Elemento de perigo	Acidente potencial	Efeito	Classe de perigo
Degelo	Sinalizar para o gerenciador o final do degelo	Normalmente contatos fechados, se abrem após o degelo, voltando a fechar com o funcionamento do compressor.	Termostato de degelo - falha nos contatos.	Estragar alimentos	Intoxicação	II
				Aquecimento excessivo.	Queimadura	III
				Incêndio	Pode causar a morte	IV
Gerenciar o intervalo entre degelos.	Normalmente aberto - Acumula tempo de degelo e funcionamento	Gerenciador de degelo	Choque elétrico	Pode causar a morte	IV	
			Estragar alimentos	Intoxicação	II	
			Incêndio	Pode causar a morte	IV	
Gerenciar a prioridade do degelo	Normalmente aberto - Verifica a criticidade para executar o degelo	Gerenciador de degelo	Aquecimento excessivo.	Queimadura	III	
			Estragar alimentos	Intoxicação	II	

PHA - Análise Preliminar de Perigos						
Projeto Kryos		folha: 03 de 03				
Produto Congelador vertical de 222 l e 261 l		Sistema: Degelo				
Responsável: Paulo R Queiroz						
Elaborado por: Paulo R Queiroz e Antonio dos Santos						
Revisado por: Antonio dos Santos						
1	2	3	4	5	6	7
Sistema	Função	Modo de Operação	Elemento de perigo	Acidente potencial	Efeito	Classe de perigo
Campos:		Tabela das classes de perigos				
1 - Nome do Sub sistema ou componente em análise		Classe I - Efeitos desprezíveis				
2 - Função do sub sistema ou componente		Classe II - Efeitos marginais				
3 - Modo de operação do Sistema		Classe III - Efeitos críticos				
4 - Elementos do sistema que apresentam perigo		Classe IV - Efeitos catastróficos				
5 - Descrição do acidente						
6 - Possíveis efeitos que o acidente pode causar						
7 - Identificar a classe do perigo						

FMEA DE PRODUTO														
Projeto: Kryos			Produto: Congelador vertical 222 l e											
Responsável: Paulo Roberto Queiroz			Data: 18/11/97											
Nome da Peça	Função	Modo	Efeito	Falhas em Potencial				Ações				Obs		
				Causa	Ocorrência	Severidade	Deteção	Risco	Recomendada	Tomada	Ocorrência		Severidade	Deteção
Resistência de degelo	Aquecer o evaporador	Rompimento da isolação	Choque elétrico	Material do corpo inadequado	2	10	2	40	Utilizar somente INCOLOY				0	
				Infiltração de umidade por má isolação do conector	6	10	2	120	Conector de borracha termoplástica vulcanizado					0
				condutor danificado por contato com aresta cortante	2	10	4	80	Prever passagem para fios					0
			Incendio	Proximidade com material inflamável.	4	10	8	320	Enclausurar com chapa metálica				0	
		Curto circuito com partes aterradas.		6	10	6	360	Prover sistema com fusível					0	

FMEA DE PRODUTO

Projeto: Kryos		Produto: Congelador vertical 222 I e 2												
Responsável: Paulo Roberto Queiroz		Data: 18/11/97												
Nome da Peça	Função	Falhas em Potencial			Indíces			Ações			Indíces			
		Modo	Efeito	Causa	Ocorrência	Severidade	Deteção	Risco	Recomendada	Tomada	Ocorrência	Severidade	Deteção	Risco
Resistência de degelo	Aquecer o evaporador	Rompimento da isolação	Incendio	Curto circuito com partes aterradas.	6	10	6	360	Prever fusível				0	
Termostato	Acionar o contador de tempo	Não acionar o contador	Intoxicação	Elevação da temperatura por bloqueio de gelo.	4	6	2	48	Prever sistema de alarme				0	
Termostato degelo	Interromper a resistência	Não interromper	Choque elétrico	Falha na isolação	2	10	2	40	Peça de acordo com IEC355				0	
				Derretimento dos contatos	6	8	8	384	Prever termofusível					
				Degradação do material bimetálico	6	8	2	96	Prever termofusível				0	
		Não permitir acionamento	Intoxicação	Elevação da temperatura por bloqueio de gelo.	6	6	8	288	Prever sistema de alarme				0	

FMEA DE PRODUTO													
Projeto: Kryos			Produto: Congelador vertical 222 l e 26l										
Responsável: Paulo Roberto Queiroz			Data: 18/11/97										
Nome da Peça	Função	Modo	Efeito	Falhas em Potencial			Índices			Ações			Obs
				Causa	Ocorrência	Severidade	Deteção	Risco	Ocorrência	Severidade	Deteção	Risco	
Termostato de degelo	Sinalizar final de degelo	Não sinalizar	Intoxicação	Elevação da temperatura pelo não funcionamento	6	6	8	288	Prever sistema de alarme				0
Gerenciador de degelo	Gerenciar o intervalo de degelos	Intervalo longo	Intoxicação	Elevação da temperatura por bloqueio	6	6	6	216	Prever sistema de alarme				0
		Intervalo curto	Intoxicação	Elevação da temperatura por ciclos curtos	6	6	6	216	Prever sistema de alarme				0
		Não interromper resistência	Incendio	Degradação da resistência e dos materiais plásticos	6	10	6	360	Prever termofusível				0
			Choque elétrico	Degradação dos materiais isolantes	4	10	6	240	Prever fusível				0

FMEA DE PRODUTO																	
Projeto: Kryos					Produto: Congelador vertical 222 l e 261												
Responsável: Paulo Roberto Queiroz					Data: 18/11/97												
Nome da Peça	Função	Modo	Efeito	Causa	Falhas em Potencial			Índices			Ações			Obs			
					Ocorrência	Severidade	Deteção	Risco	Ocorrência	Severidade	Deteção	Risco	Ocorrência		Severidade	Deteção	Risco
Gerenciador de degelo	Gerenciar o intervalo de degelos	Não interromper a resistência	Queimadura	Elevação excessiva da temperatura da resistência	8	8	6	384	8	6	6	384	Prever termofusível				0
		Não realizar o degelo	Intoxicação	Elevação da temperatura por bloqueio	8	6	8	384	8	6	8	384	Prever Alarme				0
	Gerenciar a prioridade do degelo	Não realizar o degelo	Intoxicação	Elevação da temperatura por bloqueio	8	6	8	384	8	6	8	384	Prever Alarme				0

Como o FMEA tem abrangência somente pelas falhas individuais dos componentes, é necessária a realização do FTA para obter melhor visão das falhas individuais e combinadas que possam levar os acidentes detectados.

A análise da FTA é um dos processos mais demorados do método, porém com a grande contribuição para visualização de como as falhas se propagam, até a ocorrência do acidente, como na quantificação da probabilidade de cada um a partir das informações do Quadro 5.4.

As FTA realizadas para o sistema de degelo podem ser observadas nas figuras 5.1, 5.2 e 5.3 e 5.4.

Com a análise de FTA confirmou-se que alguns acidentes são consequência direta da falha de um componente, como também da falha combinada de mais de um componente onde foi possível a determinação da probabilidade e do caminho crítico com que esta falha se propaga. O mais importante na análise de FTA é a possibilidade da análise de falhas combinadas que não seriam detectadas nas análises anteriores.

Conforme manual do MRRS o último passo de análise é a elaboração do RFD para realizar o cruzamento dos riscos determinados de acidente com as necessidades dos consumidores.

O grupo concordou que a segunda matriz do RFD não seria necessária devido a pouca complexidade do produto e visão clara obtida pela aplicação das ferramentas FMEA e FTA.

O resultado da aplicação do RFD pode ser observado na figura 5.5.

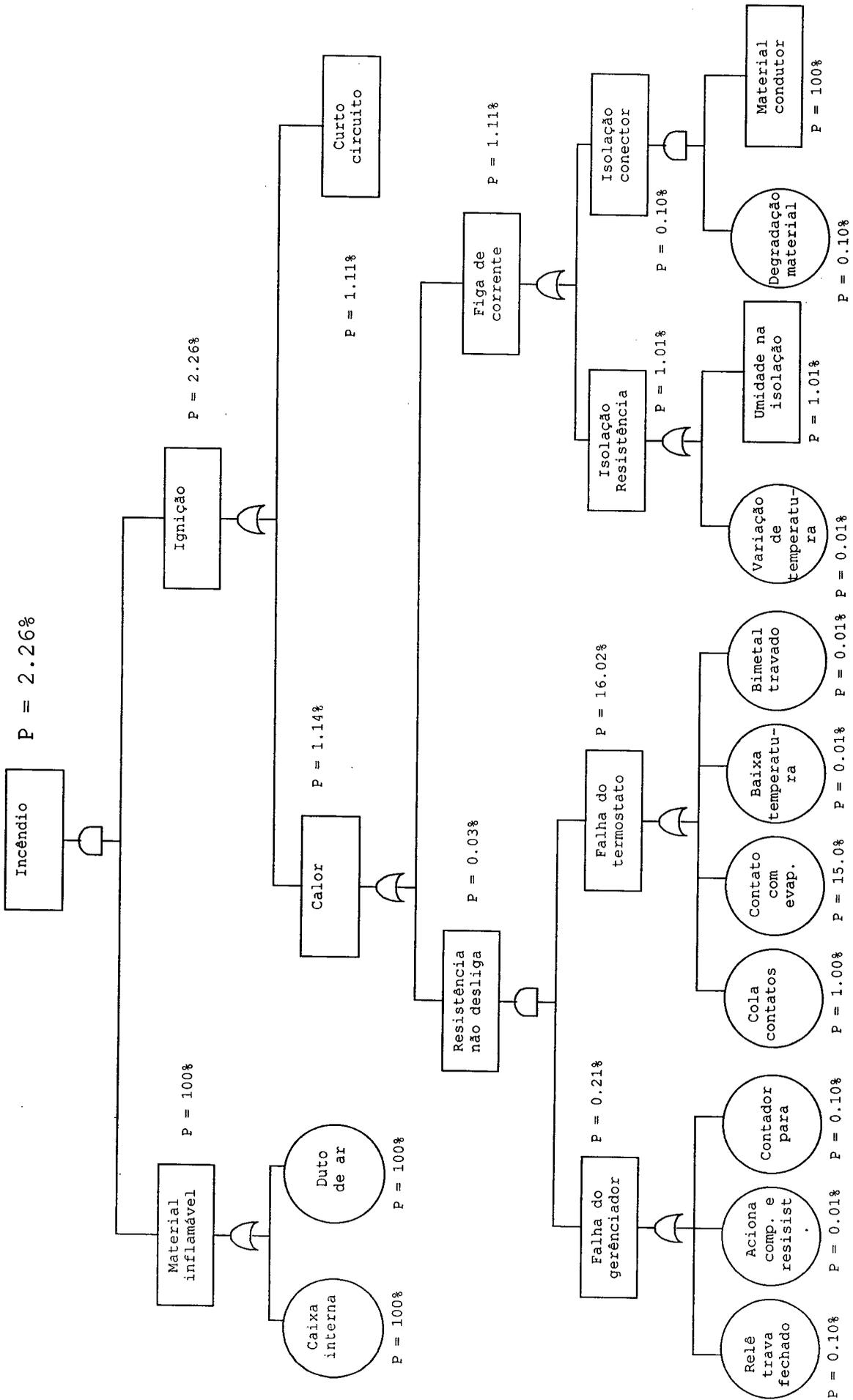


Fig. 5.1 - FTA para risco de incêndio.

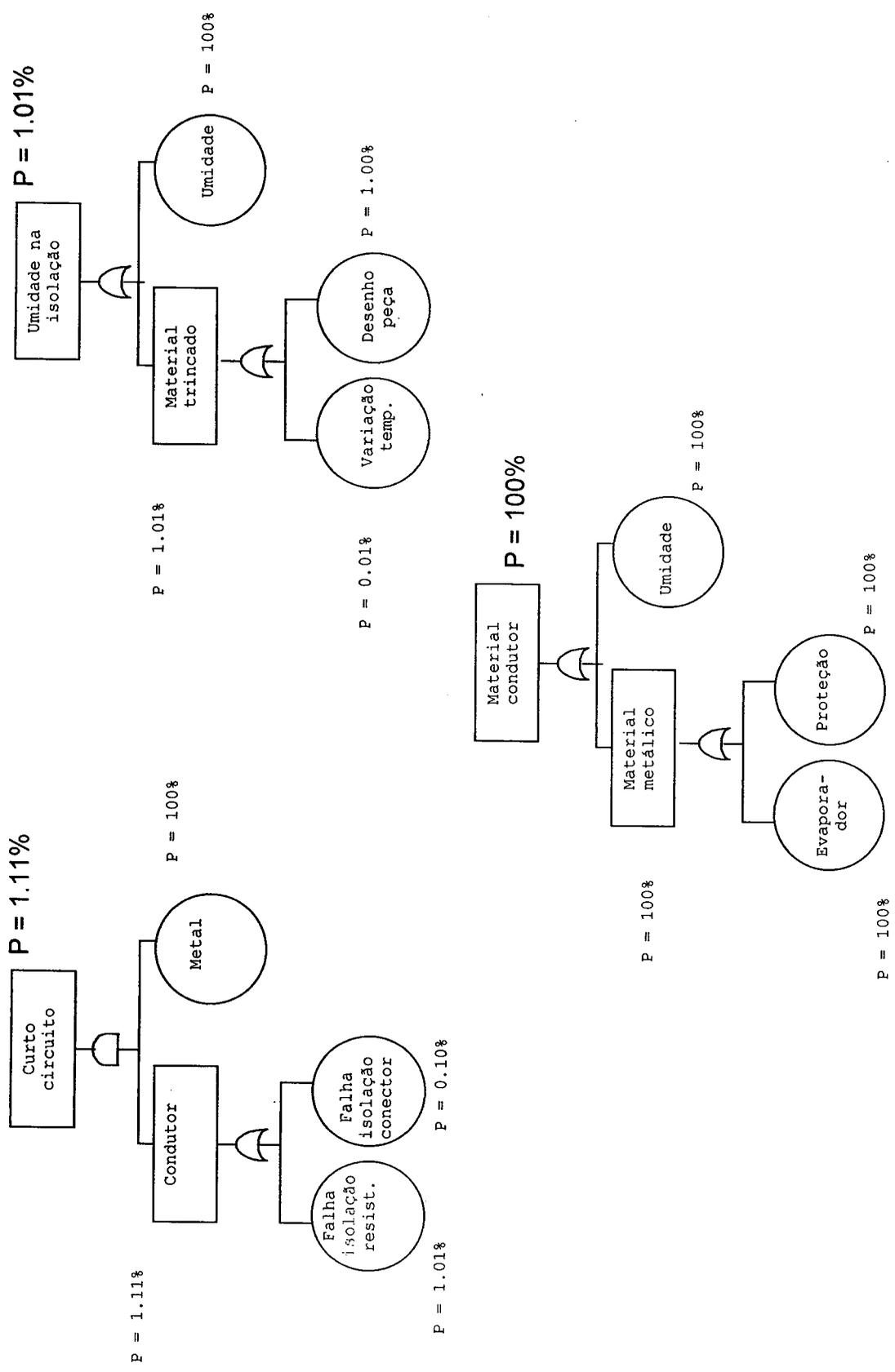


Fig. 5.2 - FTA para risco de incêndio. (continuação)

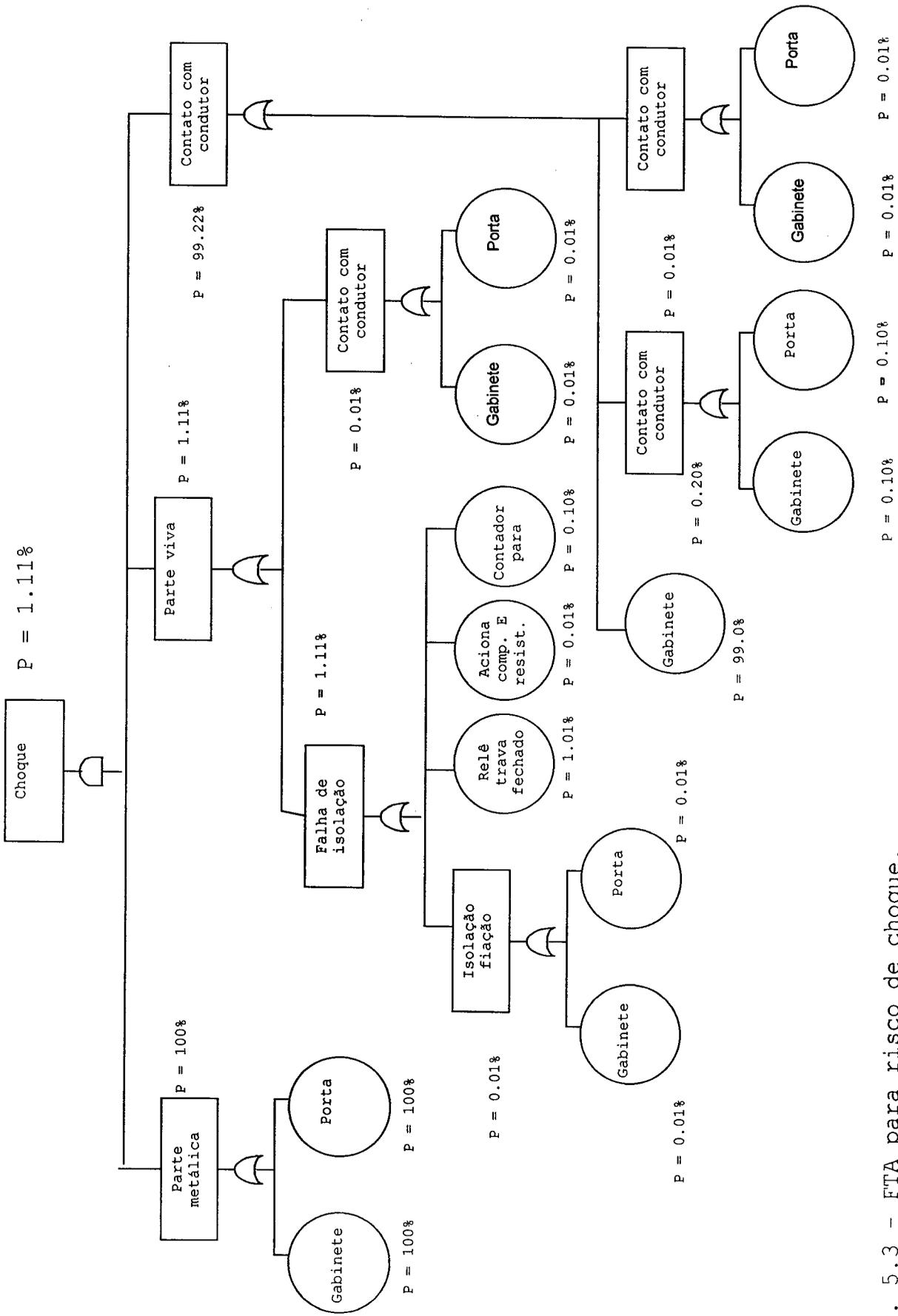


Fig. 5.3 - FTA para risco de choque.

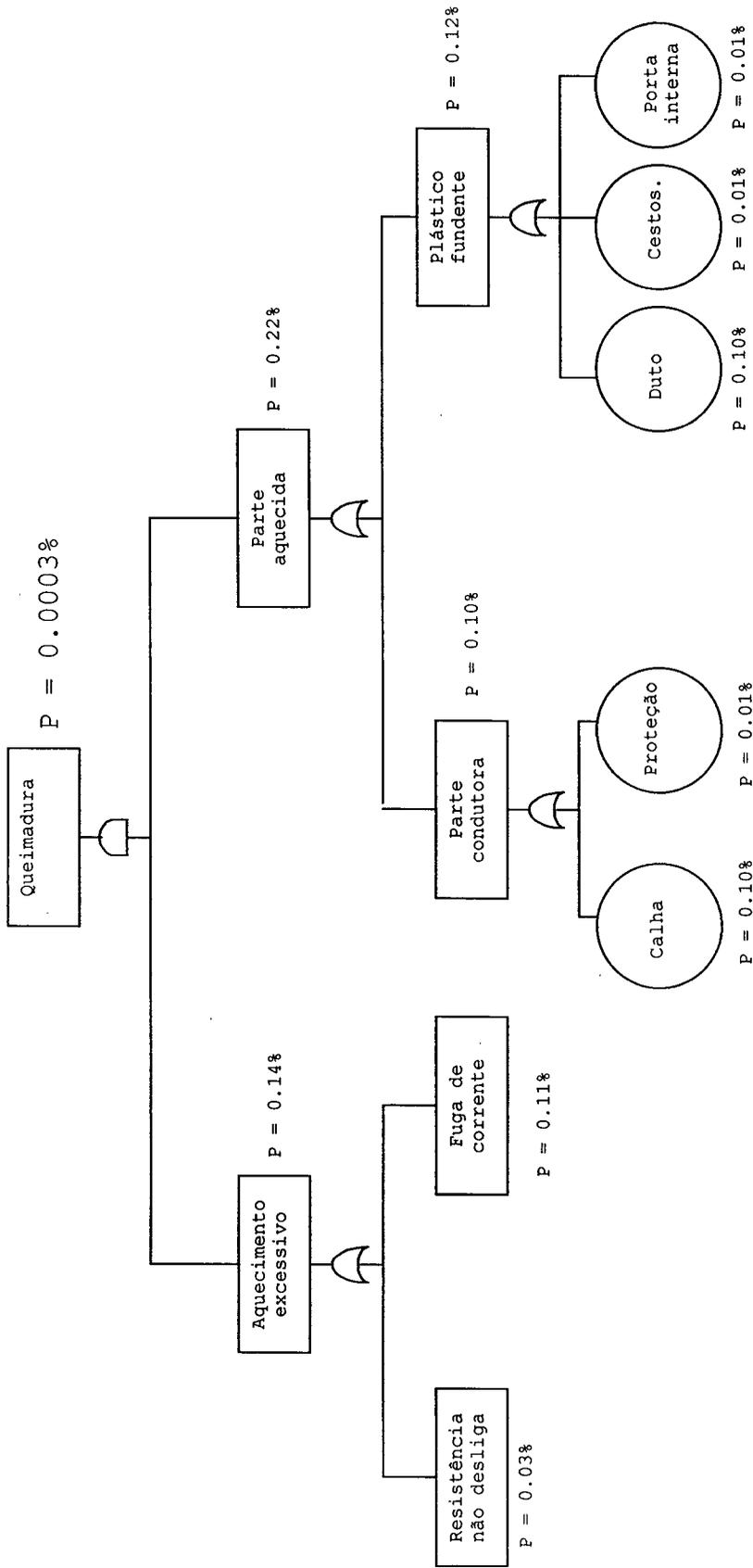


Fig. 5.4 - FTA para risco de queimadura.

Com a aplicação do RFD é possível classificar os perigos de sistemas complexos a partir das necessidades dos consumidores e a correspondente ponderação extraída da matriz do QFD, possibilitando assim ordenar as ações, focando primeiro nas que tem maior percepção pelo consumidor ou apresentam maior risco e gravidade.

Foi possível constatar que os quatro perigos de acidentes encontrados para o sistema de degelo do congelador *No Frost* possuem impacto direto na percepção dos consumidores com destaque para a possibilidade de incêndio e choque.

De posse dos resultados, conforme figura 5.5 o grupo definiu atacar os quatro perigos com prioridade em solucionar a possibilidade de incêndio em função deste ter uma maior pontuação (39,77%) no RFD como também maior probabilidade de ocorrência (2.26%) no FTA bem como a gravidade que apresenta.

Elaboração do plano de ação

Com os resultados e a definição de quais problemas devem ser solucionados e também quais sistemas e componentes que estão envolvidos, o grupo convidou para fazer parte da elaboração do plano 5W1H, os projetistas, representantes da manufatura e os técnicos do laboratório.

Este grupo foi responsável não só na elaboração da tabela 5W1H, como principalmente nas propostas de soluções aos problemas que foram encontrados, utilizando-se de técnicas como *brainstorm*, mapas de raciocínio, etc.

Matriz R-1 Desdobramento da Função Risco

Necessidades do Consumidor	Elementos de Risco do Produto				Peso QFD
	9	9	5	3	
Severidade	Incendio	Choque	Queimadura	Intoxicação	
Mesma altura que o refrigerador		Δ			12.29
Proporcional ao refrigerador		Δ			3.26
Ocupa pouco espaço					3.26
Boa qualidade das gavetas	⊙		○		8.78
Ser espaçoso				○	8.78
Bem aproveitado internamente				Δ	8.78
Gavetas grandes				○	3.28
Caber bastante coisas				○	3.26
Espaço para congelar				⊙	1.16
Fácil degelo	⊙	⊙	⊙	○	4.23
Não vaza água	⊙	⊙			1.14
Fácil de instalar		⊙			1.14
Fácil de movimentar					1.12
Fácil remover componentes		⊙	⊙		1.15
Fácil de limpar	⊙	⊙	⊙		2.12
Não cair alimentos					1.31
Não grudar alimentos	⊙		○		2.35
Diversidade para estocar				⊙	3.26
Fácil abrir					1.12
Fácil fechar					1.09
Permite colocar coisas sobre					3.26
Fácil ver os alimentos					8.78
Congela rápido				⊙	1.35
Forma pouco gelo	⊙	⊙	⊙	⊙	2.13
Não faz barulho					1.32
Não sua					1.35
Não enferruja	⊙				1.13
Não solta borracha					1.14
Não quebra a porta					1.32
Resistente	⊙	⊙	⊙	⊙	4.2
Não quebra componentes internos					1.14
Total	1824.66	1444.86	789.3	528.99	
%	39.77%	31.49%	17.20%	11.53%	

Correlação		Severidade			
Δ	Fraca	1	Sem danos	Grave	5
○	Moderada	3	Irrelevante	1	Catástrofico
⊙	Forte	9	Severa	3	

Fig. 5.5 - Primeira matriz RFD para perigos de congelador vertical.

As propostas de soluções foram entregues à responsabilidade dos engenheiros responsáveis por cada sistema do produto com prazos baseados no cronograma do projeto.

Por consenso do grupo foi elaborada uma Tabela 5W1H para cada perigo, encontrado resultando nas tabelas 5W1H apresentadas nos quadros 5.12, 5.13, 5.14 e 5.15.

5.1.2 Fase de Execução / Ação

Durante a fase de conversão do projeto conforme o padrão do C2C todas as propostas foram avaliadas quanto a viabilidade técnica de implantação e o impacto no custo final do produto.

Para a análise foi elaborado um quadro resumo (Quadro 5.16) que auxiliou o grupo na tomada de decisão antes de incorporar as alterações no projeto.

Conforme pode-se observar, algumas propostas foram excluídas por apresentarem custo elevado, porém foram previstos testes de simulação das condições críticas para melhor entendimento da situação de perigo.

Seguindo o processo C2C foram solicitados protótipos funcionais para testes de desempenho termodinâmico e mecânico do produto. Como o MRRS solicita que nesta fase que sejam simuladas as falhas, foram enviados ao laboratório três protótipos para Auditoria Preliminar de Segurança (APS).

Quadro 5.12 - Plano 5W1H para o perigo de incêndio.

PLANO DE CONTRAMEDIDAS PARA O RISCO DE INCÊNDIO					
Projeto: KRYOS			Produto: Congelador Vertical NF		
Responsável: Paulo R Queiroz			Data: 19/12/97		
Contramedidas	Responsável	Prazo	Local	Justificativa	Procedimento
(What)	(Who)	(When)	(Where)	(Why)	(How)
Projetar sistema de encapsulamento para o conjunto evaporador, resistência e calha	Queiroz	Até 15/01/98	Engenharia	Reduzir o risco devido a proximidade com material inflamável (FMEA e FTA)	Atender mesmas condições para partes eletricas de acordo com IEC355
Desenvolver fusível de segurança para a resistência de degelo	Fabio	Até 15/01/98	Engenharia Laboratório	Reduzir o risco por curto circuito (FMEA e FTA)	Definir capacidade do fusível através da minima corrente de fuga
Desenvolver termofusível para proteção de sobre temperatura do sistema	Fabio	Até 15/01/98	Engenharia Laboratório	Reduzir o risco devido a degradação dos materiais por calor excessivo (FMEA e FTA)	Definir temperatura de rompimento 15°C acima da temperatura de trabalho
Jumpear Triac da resistência através do relê do compressor	Mauro	Até 15/01/98	Fornecedor	Reduzir o risco devido ao módulo acionar simultâneamente resistência e compressor (FTA)	Alterar trilha do circuito impressor
Garantir que a resistência atenda norma NTB 3514 para resistência de degelo.	Mauro	Até 25/01/98	Fornecedor	Reduzir o risco devido falha da isolação da resistência (FTA)	Enviar cópia da norma para fornecedor e realizar testes nas amostras
Especificar material dos condutores e conectores resistente a vaiações de temperatura	Fabio	Até 25/01/98	Fornecedor	Reduzir o risco devido a degradação da isolação dos condutores e conectores (FTA)	Atender norma IEC355 ou UL 92 para condições de temperatura elevada.

Quadro. 5.13 - Plano 5W1H para o perigo de choque.

PLANO DE CONTRAMEDIDAS PARA O RISCO DE CHOQUE					
Projeto: KRYOS			Produto: Congelador Vertical NF		
Responsável: Paulo R Queiroz			Data: 22/12/97		
Contramedidas	Responsável	Prazo	Local	Justificativa	Procedimento
(What)	(Who)	(When)	(Where)	(Why)	(How)
Garantir que a resistência atenda norma NTB 3514 para resistência de degelo.	Mauro e Queiroz	Até 20/02/98	Multibras e Fornecedor	Reduzir risco rompimento da isolamento por trinca do corpo da resistência (FMEA e FTA)	Solicitar o uso do material INCOLOY conforme desenvolvido pela WE NAR - Especificar em desenho
Garantir que a resistência tenha os conectores somente em borracha vulcanizada.	Mauro e Queiroz	Até 20/02/98	Multibras e Fornecedor	Reduzir o risco de infiltração de umidade na resistência de degelo (FMEA e FTA)	Especificar em desenho e negociar com fornecedor
Acrescentar canais com cantos arredondados para passagem da fiação no interior do produto	Queiroz	Até 15/01/98	Engenharia	Eliminar risco de fiação cortada por contato com arestas cortantes (FMEA e FTA)	Alterar modelo do Pro-E e desenhos
Incluir na especificação do modulo aplicação de resina e que componente deve atender IEC355 para ambientes umidos	Mauro e Fabio	Até 23/01/98	Multibras e Fornecedor	Eliminar possibilidade de fuga de corrente pelo modulo	Adotar requisitos da norma IEC para aplicação em locais umidos
Incluir cores e conectores diferenciados, conectores tipo positive lock	Queiroz, Mauro e Fabio	Até 10/01/98	Multibras, Brascabos e Fornecedores	Evitar a possibilidade de montagem errada e conectores caídos (FTA)	Possibilitar o casamento de cores entre a rede e os componentes.
Introduzir advertência auto adesiva em separado com informações ao consumidor sobre aterramento	Marco Pedroso	Até 15/06/98	Desenho Industrial	Aumentar o número de produtos instalados com aterramento pelos consumidores. (FTA)	Adevertir aos riscos de choque e as consequências, atender IEC 355, Código de defesa do Consumidor e ABNT

Quadro. 5.14 - Plano 5W1H para o perigo de Queimadura.

PLANO DE CONTRAMEDIDAS PARA O RISCO DE QUEIMADURA					
Projeto: KRYOS			Produto: Congelador Vertical NF		
Responsável: Paulo R Queiroz			Data: 24/12/97		
Contramedidas	Responsável	Prazo	Local	Justificativa	Procedimento
(What)	(Who)	(When)	(Where)	(Why)	(How)
Desenvolver termofusível para proteção de sobre temperatura do sistema	Fabio	Até 15/01/98	Engenharia Laboratório	Reduzir o risco de sobre aquecimento da resistência (FMEA e FTA)	Definir temperatura de rompimento 15°C acima da temperatura de trabalho
Limitar acesso as partes aquecidas pelo consumidor.	Queiroz	Até 20/02/98	Engenharia	Eliminar o risco de queimadura por contato com partes aquecidas	Atender o mesmo requisito da norma IEC355 para acesso as partes elétricas
Criar afastamento entre o duto de ar e a proteção do evaporador	Queiroz	20/02/98	Engenharia	Reduzir a temperatura do duto durante o degelo para evitar a possibilidade de queimadura	Alterar modelo do Pro-E e desenhos

Quadro 5.15 - Plano 5W1H para o perigo de Intoxicação.

PLANO DE CONTRAMEDIDAS PARA O RISCO DE INTOXICAÇÃO					
Projeto: KRYOS			Produto: Congelador Vertical NF		
Responsável: Paulo R Queiroz			Data: 24/12/97		
Contramedidas	Responsável	Prazo	Local	Justificativa	Procedimento
(What)	(Who)	(When)	(Where)	(Why)	(How)
Prever sistema de alarme para temperaturas inadequadas a conservação	Fabio e Mauo	Até 15/01/98	Fornecedor	Reduzir o risco de intoxicação por ingestão de produtos mal conservados (FMEA)	Prever alarme sonoro e visual para temperatura superiores a 15°C conforme NBR1886
Desenvolver sistema de visor líquido de aviso quando produto ficou fora de temperatura por longo período	Queiroz	Até 20/02/98	Engenharia	Reduzir risco de intoxicação quando o produto trabalhar fora da temperatura por longo período e o consumidor estiver ausente. (FMEA)	Desenvolver visor com líquido de temperatura de liquefação em 15°C

Quadro 5.16 - Resumo das ações e análise de viabilidade.

ANÁLISE DE VIABILIDADE DAS AÇÕES CORRETIVAS				
Projeto : KRYOS		Responsável: Queiroz		
Ação	Risco	Viabilidade		Decisão
		Técnica	Custo	
Encapsulamento para evaporador	Incêndio	Manufaturabilidade - ok Montagem - facilita	R\$ 0.20/ produto	Executar
Fusível de segurança	Incêndio	Item comprado Montagem - ok	R\$ 1.20/ produto	Executar
Termofusível	Incêndio e Queimadura	Item comprado (Importado) Montagem - ok	R\$ 3.25/ produto	Excede custo objetivo - verificar na auditoria
Junpear triac	Incêndio	Alteração de circuito - viável com o fornecedor	sem custo	Executar
Alterações na resistência de degelo	Incêndio e Choque	Identificado fornecedor no EUA	R\$ 0.05/ produto	Executar
Acrescentar canais para passagem dos fios	Choque	Manufaturabilidade - ok Montagem - facilita	sem custo	Executar
Incluir resina no modulo	Choque	Alteração com fornecedor - ok	R\$ 0.14/ produto	Executar
Incluir cores nos fios e conectores positive-lock	Choque	Alteração com fornecedor - ok	R\$ 0.25/ produto	Executar
Incluir etiqueta autoadesiva de advertência	Choque	Item comprado Operação adicional na linha	R\$ 0.14/ produto	Executar
Limitar acesso as partes aquecidas	Queimadura	projeto duto - ok Manufatura e montagem - facilita	R\$ 0.01/ produto	Executar
Criar afastamento do duto	Queimadura	projeto duto - ok Manufatura e montagem - ok	sem custo	Executar
Prever sistema de alarme	Intoxicação	Já esta na especificação do produto	sem custo	Executar
Desenvolver sistema de visor	Intoxicação	Item comprado - importado Manufatura e montagem - ok	R\$ 2.80/ produto	Excede custo objetivo - verificar na auditoria

Os protótipos enviados foram submetidos aos ensaios conforme as normas de segurança (ABNT, IEC e UL) bem como as simulações das falhas investigadas nas análises de FMEA e FTA, comprovando a eficiência das alterações realizadas conforme o plano 5W1H.

Durante as simulações foram observadas as falhas cujas ações não foram implantadas, para que o grupo compreendesse como estas se propagam ao longo do produto conduzindo ao risco de acidente.

Em conjunto com o grupo de aprovação de produtos, o grupo definiu que o produto estaria aprovado para a fase de execução através dos resultados apresentados nas simulações por não terem ocorrido os acidentes previstos.

A combinação das falhas do gerenciador de degelo e do termostato de degelo apresentaram a perda total do produto por aquecimento excessivo e um pequeno risco de queimadura de pouca gravidade.

Para este caso foi elaborado um relatório de três gerações (Quadro 5.17) determinando que fosse acrescentado no programa do processador do módulo, uma chave de proteção acionada junto ao alarme de temperatura para condição de degelo. Esta solução poderia resolver o problema com custo baixo para o produto.

Quadro 5.17 - Relatório das três gerações da auditoria preliminar.

Auditoria de Segurança							
Projeto: KRYOS				Produto: Congelador No Frost			
Responsável: Queiroz				Data: 30/01/98			
Preliminar: Sim				Certificatória:			
Contramedida	Resolve	Resultados	Revela	Problemas	Proposta	Resp	Prazo
Incluir termofusível	Não	Custo elevado excedendo custo pre-fixado	Sim	Não é possível incorporar termofusível no produto	Incorporar chave no programa do modulo para corte de energia quando sensor ultrapassar 60°C	Fabio e Mauro	02/03/98

5.1.3 Fase de Verificação

Após a conclusão do projeto técnico, execução do ferramental, os itens novos fabricados e comprados passaram pelo processo de aprovação dimensional, físico-químico e de vida, conforme normas internas da empresa.

Com a conclusão das instalações dos novos equipamentos foi realizada uma produção piloto de 100 produtos para aprovação do processo e envio de amostras para o laboratório, com a finalidade de certificar o produto final ferramentado.

Nesta fase de certificação, especificamente na auditoria de segurança, foram acrescentadas as simulações das falhas previstas nas análises do MRRS.

O resultado da auditoria originou um novo relatório de três gerações (Quadro 5.18) pois, a chave proposta para ser incorporada no programa do módulo não foi viável tecnicamente.

Como o FTA foi revisado com os valores de confiabilidade obtidos dos fornecedores durante a aprovação dos componentes e as alterações realizadas, este apresentou uma redução significativa no valor da probabilidade de ocorrência do perigo de queimadura de 3.1ppm para 0.031ppm.

Assim o grupo responsável pela certificação de produto com base nesta informação e no resultado da simulação onde o produto apresentou apenas deformações nos componentes plásticos internos com pouco risco para queimaduras, aprovar em caráter definitivo o produto.

Quadro 5.18 - Relatório das três gerações da certificação final.

Auditoria de Segurança							
Projeto: KRYOS				Produto: Congelador No Frost			
Responsável: Queiroz				Data: 30/01/98			
Preliminar:				Certificatória: sim			
Contramedida	Risco	Resultados	Risco	Problemas	Proposta	Resp	Prazo
Incorporar chave no programa do módulo para corte de energia quando sensor ultrapassar 60°C	Não	Produto apresentou sobreaquecimento durante a simulação ocorrendo deformação nos componentes internos provocando a perda da função principal sem risco elevado a segurança	Não	Não foi incorporado no módulo a chave conforme proposto pro problemas técnicos em viabilizar a idéia	Produto considerado apto para produção em função da falha não apresentar grande risco para o consumidor, conforme processo de certificação		

5.1.4 Fase de Padronização

Como o produto o qual aplicou-se o MRRS, por razões mercadológicas não foi ainda lançado no mercado na sua versão eletrônica, não foi então realizado a auditoria final prevista no processo de desenvolvimento de produtos C2C e conseqüentemente não aplicou-se a última fase do método para a identificação de possíveis padronizações ao nível de normalizar as ações tomadas pelo grupo de análise de segurança.

5.2 RESULTADOS OBTIDOS

Seguindo as orientações do manual, o grupo realizou as tarefas desta fase durante as atividades de concepção do produto dentro do processo C2C, com pouca interferência no ritmo do projeto.

A interferência pode ser facilmente administrada pelo líder com a realocação na fase de execução do projeto de algumas atividades prevista no cronograma.

Com a aplicação do método foi possível observar que a combinação das ferramentas FMEA e FTA possibilitam larga abrangência na investigação das possíveis falhas que possam originar os prováveis acidentes que um novo produto pode apresentar.

A aplicação do método também fornece informações suficientes para que o grupo de projeto tenha priorizados os perigos e as ações para atingir as metas de qualidade e segurança necessárias para a competitividade da empresa.

Foi consenso do grupo que o método possibilitou de forma ordenada a detecção de falhas e combinações de falhas que não seriam investigadas mesmo nas auditorias de segurança, previstas no processo de desenvolvimento aplicado na empresa.

A obrigatoriedade em que fossem simuladas as condições que conduzissem ao perigo nas fases conversão e de certificação do produto, possibilitou ao grupo de projeto a justificativa das alterações necessárias para a segurança dos consumidores, baseando-se nas informações contidas nos relatórios originados com a aplicação do MRRS.

"Com a aplicação do MRRS os grupos de desenvolvimento de produto passam a ter condições de lançar no mercado produtos mais confiáveis." Conforme relato do engenheiro de aprovação do laboratório após acompanhar os trabalhos do grupo.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um método para redução do risco à segurança dos consumidores no desenvolvimento de produtos de consumo. Realizou-se uma investigação das ferramentas de confiabilidade e qualidade, originando a elaboração das atividades do método.

Conforme descrito no Capítulo 2, o ambiente no desenvolvimento de novos produtos tem influências externas como por exemplo, a necessidade de inovações tecnológicas que sem a sistematização de um método pode levar à ocorrência de uma série de acidentes graves à segurança dos consumidores, bem como a prejuízos financeiros para as empresas.

A aplicação do método levou a equipe de projeto a uma investigação que normalmente não conduziria aos resultados encontrados.

Durante a aplicação do método, foram observados que seqüências de falhas conduzem a acidentes não previstos nas normas de segurança, bem como não seriam detectadas pela simples aplicação de uma ou outra ferramenta de confiabilidade.

Ficou evidente que a sistematização e a obrigatoriedade em aplicar um método voltado especificamente à segurança durante o

desenvolvimento de um produto é um meio para o cumprimento moral e legal das empresas em lançar produtos seguros no mercado.

O método mostrou-se eficiente em relação às necessidades da empresa em possibilitar a inovação segura nos produtos, atendendo com certa restrição os prazos estabelecidos pelas necessidades de mercado.

Porém, para a aplicação do método necessitou-se o uso de recursos internos e externos ao projeto, o que dificultou a frequência das reuniões propostas. Exigiu-se também a investigação para a obtenção de informações, acarretando demanda de tempo não prevista e também a flexibilidade do líder em reprogramar atividades para que a data de lançamento fosse cumprida.

A aplicação do método também exigiu um certo nível de reprojeto de partes do produto em função de algumas soluções propostas não atenderem os objetivos.

A aplicação do MRRS em um projeto a partir da fase inicial demonstrou a flexibilidade que o método possui para adaptar-se a um processo de desenvolvimento de produtos, mesmo em ambiente de engenharia simultânea.

O método também demonstrou durante a aplicação no projeto um nível de impacto nos prazos perfeitamente administráveis, com resultados ao incremento da segurança, evitando riscos que nos processos normais da empresa não seriam avaliados.

Apesar do método estar adequado para a segurança dos consumidores, este também permite com pequenas adaptações, a

aplicação para outros enfoques, como: manutenção, assistência técnica, etc.

O MRRS está em fase atualmente em fase de análise pelo escritório de qualidade da empresa, para ser normalizado dentro do processo de desenvolvimento de novos produtos.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante a elaboração desta dissertação observou-se a oportunidade para a realização de trabalhos com os temas sugeridos abaixo:

- Desenvolver um processo para certificação de produtos, genérico com foco na segurança e meio ambiente;
- Criar um método para o processo de desenvolvimento de nova tecnologia ou inovação que anteceda a aplicação em novos produtos (*idea shelf*);
- Criar um sistema que permita aprimorar as informações estatísticas de confiabilidade através de informações de campo de produtos e de componentes similares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Adler, Paul S. - Havard Business Review. Boston USA Ed. March, 1996, 86p
- 2 - Alves, Evaldo - A Globalização e suas implicações na gestão das organizações, Escola de administração de empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 1997.
- 3 - Aurélio, Ferreira - Dicionário da Língua Portuguesa, Ed. Nova Fronteira, RJ. 1977.
- 4 - Back, N. - Metodologia de Projeto de Produtos Industriais. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara dois, 1983.
- 5 - Barbieri, José Carlos - ERA - Revista de Administração de Empresas. Fundação Getulio Vargas, Edição Janeiro de 1997, 67p.
- 6 - Burkett, Michael A. - Facilitating Fault Tree - Reparation and Review by Applying Complementary Event Logic. Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, USA 1996, 223p a 228p.
- 7 - Doyle, Stacy A. - Combinatorial-Model and Coverage: A Binary Decision Diagram (BDD) Approach, Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, USA 1995, 82p a 89p.
- 8 - Dufour, Carlos - ESTUDO DO PROCESSO E DAS FERRAMENTAS DE REPROJETO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS, COMO VANTAGEM COMPETITIVA E ESTRATÉGICA DE MELHORIA CONSTANTE, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.
- 9 - Hammer, Willie - Product Safety and Engineering, Library of Congress Cataloging in Publication Data, USA 1991, 1p.
- 10 - Henley, Ernest J. - Probabilistic Risc Assessment, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York USA 1992, 21p.

- 11 - Hunthwaite, Bart - Strategic Design Concurrent Engineering Handbook, ICD Institute for Competitive Design, Rochester Michigan USA 1992.
- 12 - Jackson, Tyrone - Standartizing the FMECA format: A guideline for Air Force Contractors, Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, USA 1995, 66p a 73p.
- 13 - MIL-STD-1629 - Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis, Military Standards - National Technical Information Service, Springfield, Virginia USA.
- 14 - Montgomery, Thomas U.M. - Automatização de FMEA para o processo completo de projeto, Pugh David R. Universidade de Gales - Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, USA 1996, 30p a 36p.
- 15 - Multibrás - MANUAL DA GARANTIA DA QUALIDADE - APLICAÇÃO DE FMEA, Multibrás, 1994.
- 16 - Multibrás - MANUAL DA GARANTIA DA QUALIDADE - APLICAÇÃO DA ANÁLISE DA ARVORE DE FALHAS, Multibrás, 1995.
- 17 - Multibrás - PROCESSO DE CRIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS - C2C, Multibrás, 1994.
- 18 - O'Connor, Patric D. T. - Practical Reliability Engineering, British Library Cataloguing in Publication Data, 1991.
- 19 - Onodera, Katsushige - Effetive Techniques of FMEA at Each Life-Cycle Stage, Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, USA 1997, 50p a 56p.
- 20 - Pedroso, Marco A. R. - Método de Avaliação de Aspectos Ergonômicos em Produto de Consumo, Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.
- 21 - Peláez, Henrique C. - Applying Fuzzy Cognitive-Maps Knowledge - Representation to failure modes effects analysis, Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, USA 1995, 450p a 456p.

- 22 - Pulli, Petri and Heikkinen, Marko - Balancing Risks in Quality-Driven Design, Quality Engineering Volume 8, Number 4, Marcel Dekker Inc. Monticello NY 1996, 543p a 551p.
- 23 - Pullum, Laura - Fault Tree Models for the Analysis of Complex Computer-Based Systems, Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, USA 1996, 200p a 207p.
- 24 - Rossato, Ivete de Fátima - UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS, Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.
- 25 - Sinnamon, Roslyn M. - Fault Tree Analysis and Binary Decisions Diagrams, Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, USA 1996, 215p a 222p.
- 26 - Smith, N. Craig - Havard Business Review, September Edition, 1996, 102p a 112p.
- 27 - Souder, Willian E. - Managing New Product Innovations, Lexinston Books, Toronto 1984, 3p.
- 28 - Sundararajan, C. Raj - GUIDE TO RELIABILITY ENGINEERING: Data Analysis, Applicatiuons, Implementation and Management, Van Nostrand Reinhold New York USA, 1991, 1p a 3p.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - ABNT - **Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade (NB 9000 / ISO 9000)** ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - Rio de Janeiro 1996.
- 2 - Alberton, Anete - **UMA METODOLOGIA PARA AUXILIAR NO GERENCIAMENTO DE RISCOS E NA SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTOS DE SEGURANÇA,** Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.
- 3 - **Annual Reliability and Maintainability Symposium** - Anais de 1995, 1996 e 1997.
- 4 - Betz, Frederick - **Managing technology.** Ed. Prentice-Hall New Jersey, USA 1987.
- 5 - Campos, Vicente - **TQC: Controle da Qualidade total (no estilo japonês)** 2. Ed. Rio de Janeiro Bloch Ed. 1992.
- 6 - Campos, Vicente - **TQC: Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia a Dia,** Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia UFMG, Rio de Janeiro, 1994.
- 7 - Carrubba, Eugene R. - **PRODUCT ASSURANCE PRINCIPLES** McGraw-Hill Book Company United States, 1988.
- 8 - Carter, A. D. S. - **MECHANICAL RELIABILITY** John Wiley & Sons New York USA, 1986.
- 9 - **Código de Defesa do Consumidor** Secretária de Defesa do Consumidor - 1990.
- 10 - Coelho, Edgar - **SISTEMAS DE INFORMAÇÕES PARA O AUXÍLIO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS** Universidade Federal de Santa Catarina - 1998.
- 11 - Controle da Qualidade - Banas - Edição de Janeiro de 1998.
- 12 - Csillag, J.M. - **Análise do Valor. Metodologia do valor.** São Paulo: Atlas, 1985.

- 13 - Dellaretti, Osmário - AS SETE FERRAMENTAS DA ADMINISTRAÇÃO E DO PLANEJAMENTO Fundação Christiano Ottoni Belo Horizonte 1996.
- 14 - Eads, George - DESIGN FOR SAFER PRODUCTS Corporate Responses to Product Liability Law and Regulation The Institute for Civil Justice USA, 1983.
- 15 - Feigenbaum, A. V. - Total Quality Control McGraw-Hill Book Company, Inc. New York 1961.
- 16 - FORD Motors - TOPS AS 8 DISCIPLINAS Ford Motor Company 1995.
- 17 - FORD, CHRYSLER and GENERAL MOTORS - APQP - Advanced Product Quality Planning and Control Plan. USA - 1995, 14p.
- 18 - Foster, Richard - Inovação A vantagem do Atacante Editora Best Seller São Paulo 1988.
- 19 - Ireson, W. Grant - Handbook of Reliability Engineering and Management, McGraw-Hill Book Company, 1988.
- 20 - Juran, J. M. - Planejando para a Qualidade Trad. João M. Csillag Pioneira São Paulo 1990.
- 21 - O'Connor Patrick D.T. - Quality and Reliability: Illusions and Realities Quality and Reliability Engineering International, Vol. 9 1993.
- 22 - PAHL G. & BEITZ W. - Engineering design: a systematic approach. Berlin: Springer - Verlag, 1988. 2nd. Ed.
- 23 - Quality Progress - Edições de Abril 1996, Julho 1996, Fevereiro 1993, Janeiro 1997, Agosto 1995.
- 24 - Quality and Reliability Engineering International - A Wiley-Interscience Publication Vol. 10 1994 e Vol. 11 1995.
- 25 - RAE - Revista de Administração de Empresas, Fundação Getulio Vargas Edição de Janeiro de 1994.
- 26 - Schäbe, Hendrik - A STOCHASTIC APPROACH TO CONSEQUENCE TREE ANALYSIS, Quality and Reliability Engineering, International Vol. 10 - John Wiley & sons, Ltd. 1994.

- 27 - Sundararajan, C. Raj, - GUIDE TO RELIABILITY ENGINEERING: Data Analysis, Applications, implementation, and management, Van Nostrand Reinhold New York USA, 1991.
- 28 - VDI Guideline 2221 - Systematic approach to the design of technical systems and products: Düsseldorf: VDI-Verlag, 1987.
- 29 - Whirlpool Co. - PROJECT MANAGEMENT TOOLS - 1997.

ANEXO

MANUAL PARA REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA

MANUAL PARA REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA

1 - INTRODUÇÃO

Este manual tem por finalidade conduzir a aplicação das ferramentas de confiabilidade através de um método de soluções de problemas para auxiliar os grupos de projeto na avaliação e aumento da segurança de nossos consumidores.

O uso deste manual visa garantir que os riscos à segurança sejam avaliados, documentados e solucionados antes que o produto seja colocado no mercado de consumo.

A aplicação deste método no processo de desenvolvimento de produtos deve ter início na fase de Concepção do produto, assim que as primeiras informações do conceito do produto estiverem disponíveis.

São pontos importantes para o completo sucesso da aplicação do método de redução do risco à segurança que as informações sejam atualizadas ao longo do projeto e que as ações de contramedidas para solução dos problemas identificados sejam averiguadas nos protótipos e principalmente nos espécimes ferramentados destinados a certificação final do produto.

MANUAL PARA REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA

2 - OBJETIVOS

- Aumentar a confiabilidade do produto com relação a segurança dos consumidores;
- identificar e registrar as falhas do produto que possam causar risco à segurança dos consumidores;
- garantir que as soluções para os problemas detectados sejam efetivamente aplicadas no projeto do produto;
- consolidar os objetivos corporativos da Multibrás Eletrodomésticos de "Satisfação dos Consumidores" e "Qualidade Total";
- atender ao Código de Defesa do Consumidor quanto a garantir a segurança e integridade física dos usuários dos nossos produtos.

MANUAL PARA REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA

3 - FERRAMENTAS UTILIZADAS

- **Diagrama de Blocos** - para a identificação dos sistemas e desdobramento destes em subsistemas e componentes do produto.

- **PHA (*Preliminary Hazard Analysis*)** Análise preliminar de perigos - Ferramenta para levantamento dos principais perigos do produto deve ser aplicada conforme manual da Garantia da Qualidade de Agosto de 94.

- **FMEA (*Failure mode and analysis effects*)** Análise dos modos de falha e seus efeitos. - Esta ferramenta deve ser aplicada conforme manual da Garantia da Qualidade de Agosto de 94.

- **FTA (*Failure tree analysis*)** Análise da árvore de falhas. Análise aplicada para determinação de acidentes a partir de falhas combinadas de componentes do produto.
Deverão ser realizadas as análises qualitativa e quantitativa da árvore de falhas.

- **RFD (*Risk Function Deployment*)** Desdobramento de função risco
- Ferramenta complementar ao QFD (Desdobramento da função

MANUAL PARA REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA

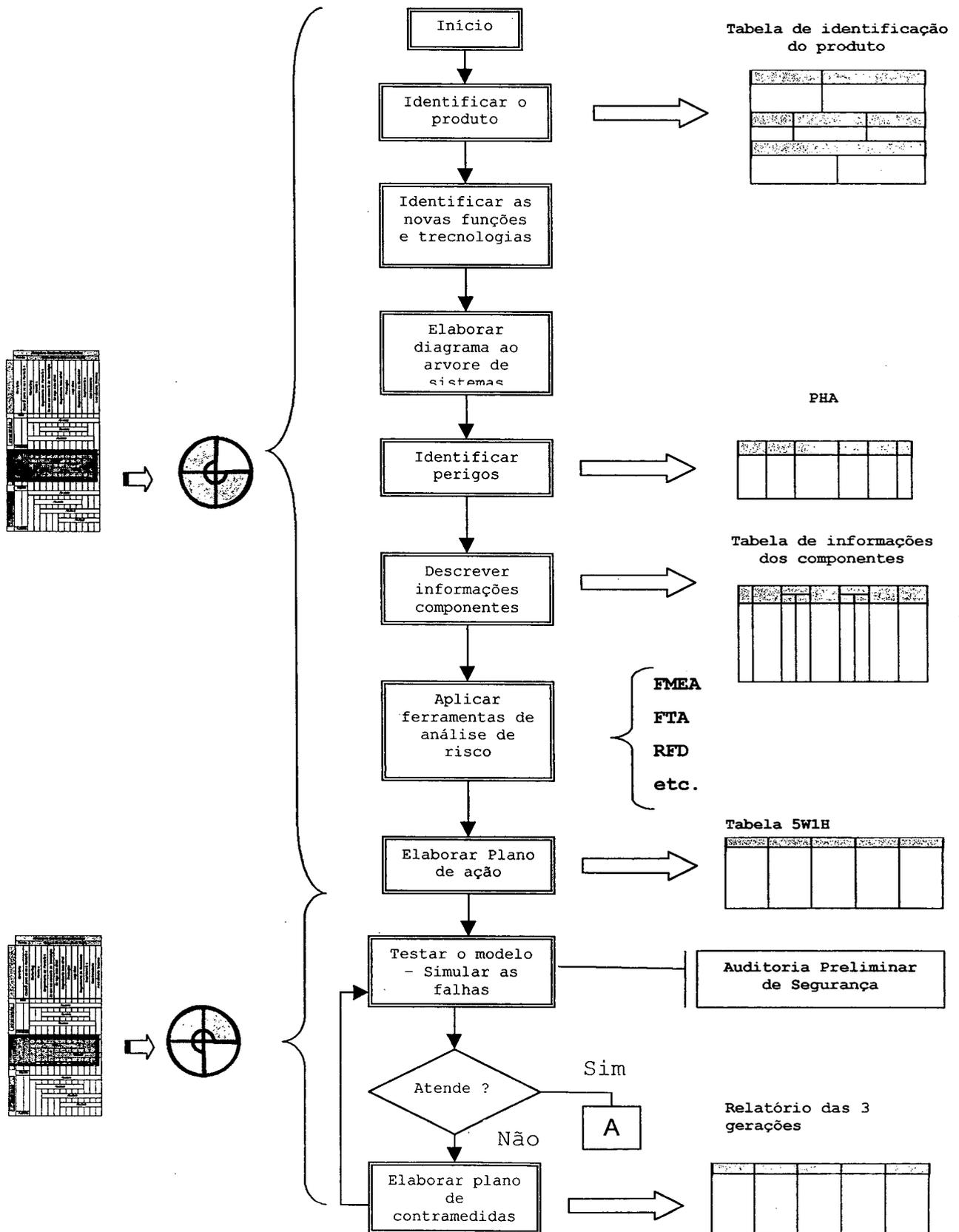
Qualidade), importante para priorizar as ações em função dos consumidores.

- **Tabela 5W1H** - Conforme orientação deste manual deverão ser elaboradas tabelas para o planejamento das ações corretivas para falhas detectadas no FMEA, FTA e RFD.

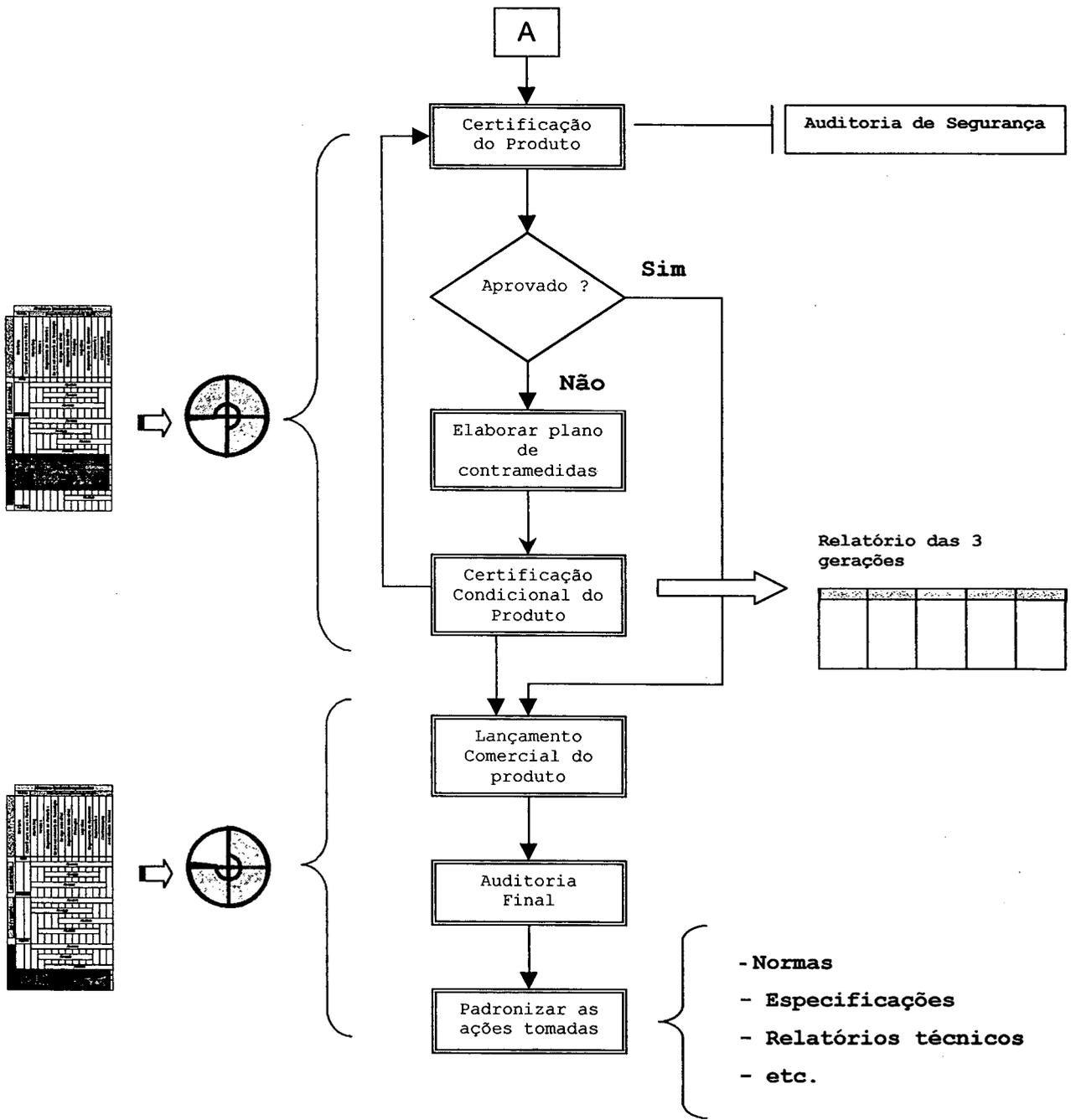
- **Relatório das Três Gerações** - Conforme orientação deste manual deverão ser elaborados relatórios para o planejamento e o acompanhamento das soluções dos problemas encontrados na verificação das propostas iniciais.

MANUAL PARA REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA

4 - FLUXOGRAMA DE APLICAÇÃO DO MRRS



MANUAL PARA REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA



MANUAL PARA REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA

5 - INSTRUÇÕES PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO

5.1 PREPARAÇÃO PRÉVIA

Nomear os participantes do grupo de análise de risco.

São participantes obrigatórios:

- Líder Técnico do projeto
- Engenheiro de produtos
- Representante da Engenharia da Qualidade
- Representante do Laboratório
- Representante da Assistência ao Consumidor
- Representante da Manufatura

Providenciar material necessário para início dos trabalhos conforme segue:

- *Briefing* do produto;
- Dados de entrada , especificação do produto;
- Desenhos preliminares;
- Matriz QFD;
- Problemas de campo dos produtos em produção (Pareto de peças e Pareto de defeitos constatados);
- Relatórios de problemas na produção;

MANUAL PARA REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA

5.2.1 Identificação do problema

O grupo de avaliação em conjunto deve realizar as tarefas abaixo registrando os resultados nos formulários do padrão de análise de risco:

- Identificar o produto;
- Destacar os aspectos inovadores e tecnologias previstas para o produto;
- Elaborar o diagrama de blocos ou um mapa dos sistemas, desdobrando até o nível de componentes.
- Descrever:
 - a função de cada componente;
 - interface funcional entre cada componente;
 - condição inicial do componente;
 - operação normal e condições ambientais de cada componente;
 - os modos de falhas de cada componente;
 - tipos de controles.

A principal ação desta fase é a aplicação da ferramenta PHA para a identificação dos principais perigos de acidentes que podem ocorrer com o produto novo.

MANUAL PARA REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA

5.2.2 Análise

Realizar as análises de FMEA, FTA e RFD seguindo os manuais específicos para aplicação destas ferramentas, sendo a aplicação do RFD para auxiliar na priorização das ações quando necessário.

Registrar as análises nos formulários específicos do Método de Redução do Risco aos Consumidores.

5.2.3 Elaboração do plano de ação

Conforme os resultados das análise de PHA, FMEA, FTA e RFD elaborar segundo a tabela do 5W1H um plano de ações para as falhas definidas como críticas para a segurança dos usuários. Para as atividades mais complexas além da tabela 5W1H elabora-se um cronograma detalhado para garantir a ação corretiva dentro do prazo do projeto.

A tabela 5W1H deve ser gerenciada pelo Líder do projeto frequentemente observando-se o *Status* para cada ação definida.

5.3 FASE DE EXECUÇÃO

Nesta fase o grupo deve providenciar e acompanhar a introdução das soluções propostas no projeto durante a fase de conversão e garantir que estas sejam incorporadas nos protótipos para avaliação, conforme figura 5.2.

MANUAL PARA REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA

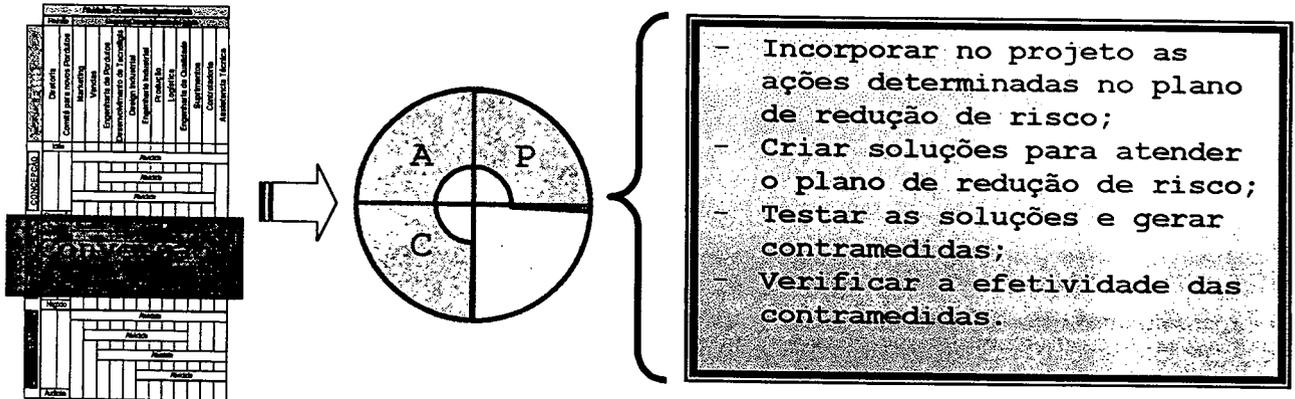


Fig. 5.2 - Fase de Execução.

5.3.1 Auditoria preliminar de segurança em protótipos (APS)

Durante a fase de conversão no processo C2C do desenvolvimento do produto, quando protótipos funcionais estiverem disponíveis, deverá ser realizada uma auditoria preliminar de segurança (APS), simulando-se as falhas previstas nas análises de PHA, FMEA, FTA e RFD constantes da Tabela 5W1H.

Com o resultado da APS do protótipo devem ser revisadas as análises de FMEA, FTA e RFD.

Juntamente com os resultados das simulações, deverá ser elaborado, se necessário, o relatório das três gerações apontando os problemas encontrados e definindo-se propostas para solução dos mesmos.

MANUAL PARA REDUÇÃO DE RISCO À SEGURANÇA

A certificação definitiva do produto somente poderá ser liberada quando todas as falhas possíveis não proporcionarem riscos à integridade física dos usuários.

5.5 FASE DE PADRONIZAÇÃO

Ao final do projeto, após o lançamento comercial do produto, o grupo responsável pela análise de risco deve verificar se entre as ações tomadas, testes realizados, definições de processo, etc. o que deve ser padronizado.

O produto desta avaliação é um plano 5W1H para a elaboração das normas a serem redigidas e concensadas na empresa.

FORMULÁRIOS PARA APLICAÇÃO DO MRRS

1. Identificação da equipe de avaliação

Nome do Projeto:	
Líder do Projeto:	_____
Grupo de Análise:	_____

2. Descrição do Produto.

IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO			
PROJETO :		Líder:	
Tipo do Produto	Volume	Sistema	
Refrigerador <input type="checkbox"/>	Refrigerador _____ 1.	Direct cooling	<input type="checkbox"/>
Freezer <input type="checkbox"/>	Freezer _____ 1.	No frost	<input type="checkbox"/>
Combinado <input type="checkbox"/>	Total _____ 1.	Cycle defrost	<input type="checkbox"/>
Classificação temperatura		Alimentação	
* (6°C) <input type="checkbox"/>	*** (18°C) <input type="checkbox"/>	127V <input type="checkbox"/>	50 Hz <input type="checkbox"/>
** (12°C) <input type="checkbox"/>	**** (18°C) <input type="checkbox"/>	220V <input type="checkbox"/>	60Hz <input type="checkbox"/>
Cap. Congelamento: _____ Kg		50/60Hz <input type="checkbox"/>	
Novas Funções		Novas Tecnologias	

FORMULÁRIOS PARA APLICAÇÃO DO MRRS

3. Mapa dos Sistemas

Projeto:		Produto:	
Responsável:		Data:	
Sistema	Subsistema	Componente	Função

FORMULÁRIOS PARA APLICAÇÃO DO MRRS

4. PHA Para identificação dos perigos

PHA - Análise Preliminar de Perigos						
Projeto Kryos			folha: 03 de 03			
Produto Congelador vertical de 222 l e 261 l			Sistema: Degelo			
Responsável: Paulo R Queiroz			Data: 24/10/97			
Elaborado por: Paulo R Queiroz e Antonio dos Santos			Revisão: 12/11/97			
Revisado por: Antonio dos Santos						
1	2	3	4	5	6	7
Sistema	Função	Modo de Operação	Elemento de perigo	Acidente potencial	Efeito	Classe de perigo
Campos :			Tabela das classes de perigos			
1 - Nome do Sub sistema ou componente em análise			Classe I - Efeitos desprezíveis			
2 - Função do sub sistema ou componente			Classe II - Efeitos marginais			
3 - Modo de operação do Sistema			Classe III - Efeitos crítica			
4 - Elementos do sistema que apresentam perigo			Classe IV - Efeitos catastróficos			
5 - Descrição do acidente						
6 - Possíveis efeitos que o acidente pode causar						
7 - Identificar a classe do perigo						

