

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Como Ferramenta de Prevenção da Qualidade em Produtos e Processos – Uma Avaliação da Aplicação em um Processo Produtivo de Usinagem de Engrenagem

André Luís Almeida Bastos (FURB) abastos@furb.br

Resumo

Este trabalho tem como objetivo a discussão da aplicação da ferramenta denominada FMEA em um sistema produtivo envolvendo o processo de fabricação de uma engrenagem. Busca-se, por meio da aplicação desta ferramenta, avaliar os riscos de falhas nas diversas operações que envolvem tal processo, a partir de uma identificação criteriosa dos seus pontos críticos, de tal forma a contribuir acentuadamente e preventivamente para a melhoria da confiabilidade do processo. Buscou-se, por meio de uma aplicação prática, evidenciar as vantagens e desvantagens da aplicação de tal ferramenta. No estudo realizado, por exemplo, foi possível identificar a operação crítica do processo em estudo (operação denominada Retificar Pista), bem como identificar as ações para atenuar ou mesmo eliminar os seus riscos para a qualidade do produto e processo.

Palavras-chave: FMEA, Confiabilidade, Falhas.

1. Introdução

A globalização e a competitividade acirrada entre as organizações tornaram imperativa a necessidade de lançar no mercado produtos com alta confiabilidade a preços competitivos, além de atender aos requisitos de satisfação e garantia de um bom produto para o cliente. Segundo Juran e Gryna (1991, p.26), a confiabilidade, uma das dimensões da qualidade, pode ser entendida como a probabilidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições estipuladas durante um determinado período de tempo, ou seja, sem falhas.

Para este contexto de exigência mercadológica, torna-se conveniente a utilização de ferramentas e técnicas para assegurar a qualidade exigida pelos clientes. Este artigo faz uma discussão sobre a aplicação da ferramenta denominada FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise de Modo e Efeitos de Falha) em um processo produtivo de usinagem de engrenagem, procurando ressaltar os benefícios desta metodologia, frente aos desafios mercadológicos propostos.

A ferramenta, em discussão, torna-se útil pelo fato de permitir a análise e detecção sistemáticas de possíveis falhas em um determinado produto ou em um processo, identificando as ações que possam reduzir ou eliminar as ocorrências de uma possível falha, traçando planos de ação que determinam as providências a serem tomadas. De forma contundente, Horita (2004) afirma que a sua utilização implica em minimização das chances do produto ou processo falhar, ou seja, a partir da aplicação da ferramenta, contribui-se diretamente, na dimensão confiabilidade.

De fato, em vastos exemplos de aplicação, é possível observar que a indústria automobilística, por exemplo, um dos ramos de atividade que mais emprega tal ferramenta em processos de manufatura, especialmente devido às exigências contratuais com seus clientes, vem alcançando excelentes resultados de qualidade e confiabilidade de seus produtos.

2. Histórico e Definições

A ferramenta FMEA surgiu por volta de 1949 e destinava-se às análises de falhas em sistemas e equipamentos do exército americano, onde era avaliada a sua eficiência baseando-se no impacto sobre uma missão ou no sucesso de defesa pessoal de cada soldado. Na década de 60, foi aprimorado e desenvolvido pela NASA, quando foi tomando espaço nos setores aeronáuticos. Porém, desde 1976 vem sendo usada no ramo automobilístico e atualmente constitui-se numa ferramenta imprescindível para as empresas fornecedoras deste segmento. Observa-se que a maioria dos fornecedores da indústria automobilística utiliza esta ferramenta em consonância com a norma TS 16.949 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2002).

No ambiente industrial, a ferramenta FMEA pode ser entendida como uma metodologia sistemática que permite identificar potenciais falhas de um sistema, projeto e/ou processo, com o objetivo de eliminar ou minimizar os riscos associados, antes que tais falhas aconteçam. O objetivo é eliminar os modos de falha ou reduzir os riscos associados.

Para Back (1983), O FMEA é de grande utilidade para identificar a necessidade de um re-projeto visando sua confiabilidade como resultado da análise do projeto ou produto. Esta análise ajuda a aumentar o conhecimento do produto e as possíveis conseqüências das falhas decorrentes do processo de projeto, assegurando que os resultados de qualquer falha, eventualmente ainda existente, irão causar o mínimo de estragos.

3. Metodologia FMEA

O FMEA de produto varia entre avaliar as funções, materiais utilizados, componentes, tolerâncias, etc. Na prática, avalia-se, por exemplo, numa organização fornecedora para o ramo automobilístico, a necessidade e as limitações de acabamentos superficiais, tolerâncias, capacidade do processo e, dessa forma, aumenta a probabilidade de que modos de falhas potenciais tenham sido previstos no projeto (AIAG, 2001). Uma análise deste tipo realizada em produtos ou processos servirá sempre de referência para que no futuro possa ser utilizada em análises de projetos semelhantes, contribuindo, dessa forma para a sistemática documentação da memória tecnológica da organização.

Para Helman e Andery (1995), a garantia da qualidade e a confiabilidade desenvolvem “formas de proteção” mediante avisos antecipados que permitem a condução de ações corretivas antes do desastre. Quando faz isso, a empresa dá um passo adicional, ao buscar, de maneira sistemática, identificar todas as falhas potenciais nos projetos de seus produtos e processos de fabricação, antes que as mesmas efetivamente aconteçam.

Ao discorrer sobre a ferramenta, Palady (1997) enumera alguns benefícios do desenvolvimento e manutenção de FMEAs eficazes. Entre os benefícios apontados pelo autor, destacam-se aqueles com relação direta para o incremento dos níveis de qualidade e produtividade, senão vejamos: economia nos custos e tempo de desenvolvimento, serve como guia para planejamento de testes mais eficientes, fornece uma referência rápida para resolução de problemas, reduz mudanças de engenharia, aumenta a satisfação do cliente, captura e mantém o conhecimento do produto e do processo na organização, reduz eventos não previstos durante o planejamento de um processo, identifica as preocupações de segurança a serem abordadas, entre outros.

Como requisito para a efetividade em seu propósito, o formulário de FMEA, principal elemento na sistematização da aplicação da ferramenta, deve estar sempre atualizado, o que pode ser feito a partir das intervenções da equipe de FMEA, pela experiência acumulada, somada à experiência vivida com os problemas ocorridos durante a vida do processo ou do produto, conforme o caso. A ferramenta pode ser utilizada nos processos ou nos projetos

novos, na modificação de um projeto já existente, neste caso focando apenas para o que foi alterado, bem como para a utilização de novos ambientes para processos já conhecidos, avaliando o impacto sobre o novo ambiente.

O FMEA de processo analisa detalhadamente os sistemas de manufatura que possam, ocasionalmente, afetar a confiabilidade prevista no produto, identificando os modos de falhas potenciais, no processo ou no produto e avaliando os seus efeitos no cliente. Esta análise auxilia também na identificação das variáveis de processo que devem ser controladas para priorizar as tomadas de ações preventivas ou corretivas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000). Dessa forma, assume-se que o produto, na forma em que foi concebido, atende aos objetivos do projeto. Deve-se atentar, entretanto, para que o FMEA do processo não possa contar com alterações de projeto para atenuar as deficiências do processo. A análise deverá ser feita durante o planejamento do processo de manufatura.

A realização do FMEA do processo inicia-se a partir de um fluxograma de processo, o qual deve indicar as características do produto e do processo detalhado a cada operação. Além disso, algumas premissas devem ser consideradas durante a aplicação:

- o cliente não é apenas um usuário final. Na verdade, o cliente pode constituir-se também, em uma operação subsequente, em regulamentações governamentais, ou mesmo em uma operação de assistência técnica;
- o trabalho em equipe é de fundamental importância, sendo que esta equipe deve ser, fundamentalmente multidisciplinar, composta por especialistas, pessoas com experiência em projetos, processos, análises, ensaios, montagem, reciclagem, etc.

A realização do FMEA ocorre através do preenchimento de um formulário específico, conforme citado anteriormente. Este formulário deve ser preenchido pela equipe multifuncional, obedecendo aos critérios de clareza e objetividade. Neste formulário, as áreas envolvidas com o trabalho indicam seu posicionamento nos processos descritos. A Figura 1 ilustra um exemplo de formulário a ser preenchido pela equipe.

FMEA																		
Processo	Função	Tipo de Falha	Efeito da Falha	G	Causa da Falha	Controles Atuais			D	R	Ações		Índices					
						Prevenção	O	Detecção			Recomendada	Tomadas	G	O	D	R		

Figura 1 - Exemplo de formulário de FMEA

Nos campos delimitados pelo formulário ilustrado na Figura 1, cabem as seguintes orientações para o seu correto preenchimento: Processo: neste campo, a equipe deve identificar a etapa de processo e do produto em questão; Função: neste campo, a equipe deve identificar quais características devem ser atingidas; Tipo de Falha: a equipe deve identificar como a característica pode não ser atingida e o que pode dar errado; Efeito da Falha: a equipe deve identificar quais os efeitos e as conseqüências imagináveis decorrentes de falhas; Gravidade (G): este campo é preenchido a partir de valores tabelados e indica o grau de gravidade; Causa da Falha: neste campo, a equipe deve identificar as causas potenciais que podem levar ao tipo de falha; Controles Atuais, na Prevenção: a equipe deve identificar as medidas de prevenção da causa são existentes; Ocorrência (O): este campo é preenchido a partir de valores tabelados e indica a probabilidade da causa ocorrer; Controles Atuais, na Detecção; a equipe deve identificar as medidas existentes para detectar as falhas? Detecção (D): este campo é preenchido a partir de valores tabelados e indica quão eficaz é o método de detecção, valor retirado de tabela; Resultado (R): o resultado é obtido a partir do produto entre

os índices G (gravidade), O (ocorrência) e D (detecção); Ações Recomendadas: este campo é preenchido a partir de ações previstas para redução do índice “R”; Ações Tomadas: este campo é preenchido a partir de ações efetivamente implementadas para redução do índice “R”.

Conforme descrito anteriormente, para a utilização do formulário FMEA é necessário recorrer aos valores tabelados dos índices de gravidade (G), de ocorrência (O) e de detecção (D). A definição do índice de gravidade, também conhecido como índice de severidade, está associada, numa relação crescente, aos efeitos das falhas sobre a manufatura e sobre o cliente. Este índice só poderá ser reduzido através de uma alteração no projeto. A Figura 2 ilustra os parâmetros para determinação do índice de gravidade.

ÍNDICE DE GRAVIDADE:			
DESCRIÇÃO	EFEITO NO CLIENTE	EFEITO MANUFATURA	ÍNDICE
Perigoso sem aviso prévio	... sem aviso prévio.	... sem aviso prévio.	10
Perigoso com aviso prévio	Afeta a segurança na operação do veículo e/ou envolve não conformidade com a legislação governamental com aviso prévio.	Podem pôr em perigo o operador (máquina ou montagem) com aviso prévio.	9
Muito alto	Veículo/Item inoperável (perda das funções primárias).	Sucata (100%)	8
Alto	Veículo/Item operável, mas com níveis de desempenho reduzido. Cliente muito insatisfeito.	Sucata (<100%) – Com Seleção	7
Moderado	Veículo/Item operável, mas item(s) de Conforto com desempenho inoperante. Cliente insatisfeito	Sucata (<100%) – Sem Seleção	6
Baixo	Veículo/Item operável, mas item(s) de Conforto com desempenho reduzido.	Retrabalho (100%)	5
Muito baixo	Itens de Ajuste, Acabamento/Chiado e Barulho não conformes. (> 75% Notam).	Seleção – Sem Sucata – Retrabalho (<100%)	4
Menor	Itens de Ajuste, Acabamento/Chiado e Barulho não conformes. (50% Notam).	Retrabalho (<100%) – Fora da estação de Trabalho	3
Muito menor	Itens de Ajuste. Acabamento/Chiado e Barulho não conformes. (< 25% Notam).	Retrabalho (<100%) – Dentro da estação de Trabalho	2
Nenhum	Sem efeito identificado.	Pequena inconveniência no operador ou na operação.	1

Figura 2 – Parâmetros para determinação do Índice de Gravidade

A definição do índice de ocorrência se dá pela probabilidade de uma causa ocorrer durante o processo ou mesmo no produto. As possíveis formas de reduzir, efetivamente, este índice consiste no controle ou intensificação da prevenção das causas ou ainda a realização de alterações no projeto e/ou no processo. A Figura 3 define os parâmetros para determinação do índice de ocorrência.

ÍNDICE DE OCORRÊNCIA:			
PROBABILIDADE	TAXAS DE FALHAS	PPK	ÍNDICE
Muito Alta	<100 por mil	< 0.55	10
	50 por mil	< 0.55	9
Alta	20 por mil	< 0.78	8

	10 por mil	< 0.86	7
Moderado	5 por mil	< 0.94	6
	2 por mil	< 1.00	5
	1 por mil	< 1.10	4
Moderada	0.5 por mil	< 1.20	3
Baixa	0.1 por mil	< 1.30	2
Remota	[0.010 por mil	< 1.67	1

Figura 3 – Parâmetros para determinação do Índice de Ocorrência

O índice de detecção indica se a forma de controle é capaz de detectar erros no processo ou produto. Conforme pode ser verificado na Figura 4, quanto mais investimentos em tecnologias, treinamentos, poka-yokes ou outras formas de detecção, menor se torna este índice. Na figura abaixo, as letras A, B e C são utilizadas para classificar o tipo de detecção a ser feita para identificação de falhas e, significam, respectivamente, a utilização de detecção à prova de erro, a inspeção com sistema de medição e a inspeção visual.

ÍNDICE DE DETECÇÃO:					
DESCRIÇÃO	A	B	C	MÉTODO SUGERIDO	ÍNDICE
Quase Impossível			x	Não pode detectar ou não é verificado.	10
Muito Remota			x	Controle é alcançado somente com verificação aleatória ou indireta.	9
Remota			x	Controle é alcançado somente com inspeção visual.	8
Muito baixa			x	Controle é alcançado somente com dupla inspeção visual.	7
Baixa		x	x	Controle é alcançado com CEP	6
Moderada		x		Controle é baseado em medições por variáveis, ou em medições do tipo passa/não passa feitas em 100% das peças depois que deixam a estação.	5
Moderadamente Alta	x	x		Detecção de erros em operações subsequentes, OU medições feitas na preparação de máquina e na verificação da primeira peça (somente para casos de preparação de máquina).	4
Alta	x	x		Detecção de erros na estação, ou em operações subsequentes por múltiplos níveis de aceitação: fornecer, selecionar, instalar, verificar. Não pode aceitar peça discrepante.	3
Muito Alta	x	x		Detecção de erros na estação (medição automática com dispositivo de parada automática). Não pode passar peça discrepante.	2
Muito Alta	x			Peças discrepantes não podem ser feitas porque o item foi feito à prova de erros pelo projeto do produto/processo.	1

Figura 4 – Parâmetros para determinação do Índice de Detecção

As ações recomendadas são realizadas a partir de alguns critérios definidos pela equipe de FMEA da empresa, conforme descrição da Figura 5.

AÇÕES RECOMENDADAS:
Gravidade/Severidade (G) <9>;
Priorizar conforme $R = (G \times O \times D)$;
Foco das ações devem ser reduzir: SEVERIDADE → PREVENÇÃO → DETECÇÃO (nesta ordem).

Figura 5 – Ações Recomendadas

4. Aplicação do FMEA no processo de usinagem de engrenagem

Este trabalho propõe-se a avaliação da aplicação do FMEA de processo. O componente avaliado consiste numa engrenagem que é montada em impulsores de partida, utilizados em automóveis.

Para dar início ao trabalho, é importante ter um líder de equipe e, como justificado anteriormente, faz-se necessário preparar a equipe multidisciplinar, convocando profissionais de várias áreas da empresa.

Cada etapa do processo é estudada detalhadamente, seguindo o fluxograma do processo. No exemplo de aplicação ilustrado no Anexo, a primeira operação é o Faceamento Axial da engrenagem. A função avaliada é comprimento total, pois este item é usinado nesta operação. De acordo com a análise da equipe, o tipo de falha que pode ocorrer desta função consiste no fato do comprimento total ficar fora do especificado, tendo como Efeito da Falha, problemas na operação de quebra-cantos. A gravidade desta falha é considerada pequena com pontuação igual a 2, pois a equipe entende que esta falha será corrigida nas operações subsequentes do processo. O próximo item avaliado consiste na identificação da causa do comprimento total ficar fora do especificado. A equipe considerou que uma das causas deve-se à preparação deficiente da máquina e a prevenção como forma de controle atual é a folha de operação, o que significa que todas as informações necessárias para preparação de máquina estão na folha de operação. No item de ocorrência dessa falha tendo a causa preparação de máquina, tem-se uma ocorrência moderada, indicando 4 pontos de índice. A detecção desta falha é muito alta, o que leva a equipe a indicar uma pontuação igual a 2. O índice de risco é calculado pela multiplicação da pontuação da gravidade, ocorrência e detecção. Observando apenas a causa preparação deficiente de máquina e a prevenção como utilização de folha de operação, o índice de risco fechou com 16 pontos. No mesmo item Efeito da Falha, tem-se mais duas causas diferentes, desta forma a equipe deve verificar a prevenção atual, a pontuação da ocorrência, a detecção atual e a pontuação da detecção, isto deve ser avaliado para cada causa diferente.

Dando seqüência ao exemplo, observa-se que na quinta operação, Retificar pista, o índice de risco inicial foi de 112 e 84 para as duas causas citadas no formulário. Como os valores ficaram altos, faz-se necessário tomar algumas ações pontuais para reduzir este índice. Depois de concluído o estudo, tem-se uma nova pontuação no formulário de processo. No exemplo, com a ação de implementação do Poka-Yoke de controle, o índice de risco caiu para 28 e 21, deixando o processo dentro dos padrões exigidos pelo cliente.

5. Considerações Finais

Para as empresas que possuem relações comerciais de produtos com a indústria automobilística, a utilização da ferramenta FMEA, tem tornado-se um requisito contratual recorrente nas relações comerciais, especialmente porque tal ferramenta contribui para a confiabilidade do produtos e processos de fabricação. Como ficou evidenciado no exemplo ilustrado na aplicação, esta ferramenta apresenta relevantes vantagens pois, serve como um mapa do processo identificando todas as fases de forma clara e objetiva, ressaltando os pontos fortes e fracos, auxilia na tomada de decisão, fundamentalmente sobre quais problemas deve-se focar na solução primeiro. Um outro aspecto positivo é que qualquer pessoa, de posse do formulário de FMEA, consegue identificar quais os tipos de falhas inerentes a cada etapa do processo, bem como identificar as causas e, fundamentalmente, avaliá-las, conforme a sua gravidade, probabilidade de ocorrência e métodos disponíveis de detecção destas falhas, associando, dessa forma, um índice, denominado resultado (R).

Se aplicada de forma adequada, a ferramenta passa a ser um excelente instrumento de memória tecnológica no processo produtivo, tendo em vista o registro facilmente recuperável de todo o conhecimento envolvido neste processo. Além disso, este conhecimento é repassado aos operadores mais inexperientes, os quais já integram-se ao processo, conhecendo os pontos críticos a serem observados para minimização de falhas e, conseqüentemente aumento da confiabilidade para o cliente.

Uma das desvantagens desta metodologia consiste no tempo necessário para analisar e definir os índices das possíveis falhas que podem ocorrer em todas as fases do produto ou processo, o que pode resultar em desestímulo à aplicação da ferramenta. Outro aspecto que causa dificuldade em sua eficaz implementação consiste no fato de que a ferramenta aponta para a necessidade de se trabalhar com equipe multidisciplinar, onde a experiência e o conhecimento do produto e processo de cada membro da equipe é extremamente importante.

6. Considerações Finais

O FMEA pode ser considerado um elemento chave na prevenção de falhas e, confiabilidade de produtos e processos de uma organização. Indiscutivelmente, as organizações que a utilizarem de forma correta, suplantando, inclusive, as eventuais dificuldades para fazê-lo, tais como a necessidade de despende do “tempo produtivo” para investimento deste tempo em planejamento, a desmotivação e o rotulado “excesso de papelada”, pouparão tempo e dinheiro na identificação e resolução de problemas, e apresentarão níveis relativamente mais elevados de qualidade, produtividade, confiabilidade e, conseqüentemente, satisfação dos seus clientes.

No exemplo ilustrado, observou-se a necessidade de ações pontuais na operação Retificar Pista. Para tanto, houve investimentos em dispositivos Poka-Yoke somente nos equipamentos que realizam tal operação, de forma a atenuar o índice de detecção e, minimizando sensivelmente, dessa forma, os riscos de falhas durante o processo. Quanto às demais etapas do processo, considera-se os riscos dentro do aceitável.

Dessa forma, o FMEA pode ser uma ferramenta muito poderosa, quando aplicada corretamente. Entretanto, tal como qualquer outra ferramenta, antes de ser usada tem de ser compreendida. Uma vez que haja essa compreensão e comprometimento por parte das organizações, estas poderão ser agradavelmente surpreendidas, pelos benefícios financeiros resultantes das melhorias dos seus produtos e processos.

Referências

AIAG. **Manual FMEA**. 3ª. edição. Automotive Industry Action Group, 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001:2000** – Sistemas de Gestão da Qualidade –Rio de Janeiro, 2000

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

HORITA, Fernando. **Trabalho de FMEA**. Disponível em <http://fge.if.usp.br/fhorita/fmea.htm>. Acesso em 01.04.2004

HELDMAN, Horácio e ANDERY, Paulo R.P. **Análise de falhas**: aplicação dos métodos de FMEA e FTA. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TS 16949:2002** – Quality Management Systems – Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations. Genebra, 2002

JURAN, J.M. & GRZYNA, F.M. **Controle da qualidade** – Ciclo dos Produtos: do projeto à produção. 4ª. ed., São Paulo, Makron/Mc Graw – Hill, 1991, v.3 397p.

PALADY, Paul. **FMEA** – análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. São Paulo: IMAN, 1997

ANEXO

FMEA											PRODUTO : ENGRENAGEM					
FMEA DE PROCESSO Produto em análise: ENGRENAGEM Coordenação: <i>André</i> Processo em análise: USINAGEM Resp. pelo processo: GASPARI Equipe: <i>Gaspari (Produto) / Daniel (Montagem) / Jairo (CEP) / Valmir (Conformação) / Denilson (Usinagem)</i>											Folha: 11 de: 1 Data da elaboração: 10/09/03 Revisão: 01 Data da conclusão: 19/09/2003					
											Ações		Novos Índices			
Processo	Função	Tipo de Falha	Efeito da Falha	G	Causa da Falha	Formas de Controle Atuais			D	R	Recomendadas Resp Data	Tomadas Resp Data	G	O	D	R
Faceamento axial (1ª op.)	Comprimento total	Comprimento fora do especificado	Problemas na operação de quebra cantos	2	Preparação deficiente da máquina;	Folha de Operação	4			16	Nenhuma					
					Folgas gerais da máquina	Manutenção preventiva	5	Monitoramento de processo	20	Nenhuma						
					Queima/quebra da ferramenta	Folha de Operação	2		8	Nenhuma						
CNC (2ª op.)	Usinar comprimento total	Comprimento acima do especificado	Comprimento total do produto acima do especificado; Retrabalho;	4	Preparação deficiente da máquina	Folha de Operação Plano de Montagem	3	Controle das 1ªs peças	24	Nenhuma						
					Desgaste/quebra da ferramenta	Cartas de Controle Controle Visual	4	Monitoramento de processo	32	Nenhuma						
					Folgas gerais da máquina	Manutenção preventiva	2	Poka Yoke na montagem	16	Nenhuma						
Quebrar cantos. (3ª op.)	Espessura radial do chanfro	Espessura fora do especificado	Dificuldade de engrenamento	3	Preparação deficiente da máquina	Folha de Operação Plano de Montagem	4	Controle das 1ªs peças	24	Nenhuma						
					Erro de posicionamento da peça na Máquina (cavacos)	Folha de Operação	3	Monitoramento de processo	18	Nenhuma						
Correção de comprimento (4ª op.)	Comprimento Total	Comprimento acima do especificado	Chanfro do dente fora do especificado (mais fino) Retrabalho da peça	4	Preparação deficiente da máquina;	Folha de Operação	3	Controle das 1ªs peças	24	Nenhuma						
					Desgaste/quebra da ferramenta	Controle visual	2	Monitoramento de processo	16	Nenhuma						
					Erro de posicionamento da peça na máquina	Plano de Montagem	2	Monitoramento de processo	16	Nenhuma						
Retificar pista (5ª op.)	Diâmetro da pista	Diâmetro da pista fora do especificado	Redução da vida útil Sucata Retrabalho	7	Preparação deficiente da máquina	Folha de Operação Plano de Montagem	4	Controle das 1ªs peças	112	Implantar Poka Yoke Resp. Denilson Prazo: 09/2003	Utilização de Poka Yoke	7	4	1	28	
					Desgaste do rebolo	Folha de Operação	3	Monitoramento de processo	84	Implantar Poka Yoke Resp. Denilson Prazo: 09/2003	Utilização de Poka Yoke	7	3	1	21	