

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO**

**EUDES ADAN GARBIN**

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHA  
– FMEA – PARA AVALIAÇÃO DE RISCOS EM UMA FUNDIÇÃO DE  
FERRO – SETOR DE FUSÃO**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2013**

**EUDES ADAN GARBIN**

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHA –  
FMEA – PARA AVALIAÇÃO DE RISCOS EM UMA FUNDIÇÃO DE  
FERRO – SETOR DE FUSÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, do Departamento de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Rodrigo Eduardo Catai,  
Dr.

**CURITIBA**

**2013**

**EUDES ADAN GARBIN**

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHA – FMEA – PARA  
AVALIAÇÃO DE RISCOS EM UMA FUNDIÇÃO DE FERRO – SETOR DE FUSÃO**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

---

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai (Orientador)  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. Dr. Adalberto Matoski  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

**Curitiba  
2013**

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Deus eterno e imutável, criador de todas as coisas materiais e imateriais e que caminha ao lado de seus filhos em todos os momentos.

A meus pais, Ivair Garbin e Ivone de Moraes Garbin, pela vida, criação, educação e incentivo.

A meus irmãos, William Luiz Garbin e Aline Regina Garbin, pelo apoio e paciência e incentivo.

A Soeli Fernandes, pelo apoio, dedicação e incentivo.

Aos colegas de turma, pelo companheirismo e dificuldades superadas ao longo do curso.

Aos professores do curso, por aceitarem o desafio de ensinar e construir um Brasil melhor por meio da educação superior e pós-graduação.

A empresa que disponibilizou dados para a elaboração deste trabalho.

A todas as pessoas que fizeram parte deste período.

## RESUMO

GARBIN, Eudes Adan. **Utilização da Análise de Modos e Efeitos de Falha – FMEA para Avaliação de Riscos em Uma Fundição de Ferro – Setor de Fusão.** 2013. 60 folhas. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Gerenciar riscos é imprescindível para que uma organização obtenha sucesso, por isso, é necessário fazer o uso de ferramentas que sejam capazes de identificá-los qualitativa e quantitativamente, permitindo sua correlação com o processo, permitindo a tomada de ações que possam de alguma forma a minimizá-los ou eliminá-los. Neste artigo, procurou-se adaptar os critérios da FMEA – Análise de Modos e Efeitos de Falha, fundamentados no processo de fusão de ferro de uma indústria de fundição. A metodologia utilizada foi o levantamento qualitativo através da observação in loco e quantitativo com base na revisão bibliográfica sobre a FMEA, chegando ao final com a elaboração de uma planilha que identificou os riscos existentes, classificando em ordem de maior número de probabilidade de risco e maior severidade, ocorrência e detecção, respectivamente.

**Palavras-chave:** Avaliação de Risco. Análise de Modos e Efeitos de Falha – FMEA. Saúde e Segurança do Trabalho. Saúde e Segurança Ocupacional.

## ABSTRACT

Managing risk is essential for an organization to get success, so it is necessary to make use of tools that are able to identify them qualitatively and quantitatively, allowing its correlation with the process, allowing to take actions that can somehow minimize them or eliminate them. In this article, we tried to adjust the criteria of FMEA - Analysis of Failure Modes and Effects, based on the fusion process of an iron foundry industry. The methodology used was a qualitative survey through on-site observation and quantitative based on literature review on the FMEA, coming to the end with the preparation of a spreadsheet that identified the risks, ranking in order of highest number of risk probability and higher severity, occurrence and detection, respectively.

**Keywords:** Risk Assessment. Failure Mode and Effects Analysis - FMEA. Health and Safety. Occupational Health and Safety.

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1	OBJETIVOS .....	10
1.1.1	OBJETIVO GERAL .....	10
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
1.2	JUSTIFICATIVA .....	11
<b>2.</b>	<b>REVISÃO LITERÁRIA</b> .....	<b>13</b>
2.1	LEGISLAÇÃO.....	13
2.1.1	NORMAS REGULAMENTADORAS .....	14
2.1.2	DEFINIÇÃO DE ACIDENTE.....	23
2.2	GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA OCUPACIONAL .....	24
2.3	FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE RISCOS .....	25
2.3.1	ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO (APR) .....	25
2.3.2	TÉCNICA DE INCIDENTES CRÍTICOS (TIC).....	26
2.3.3	ANÁLISE POR ÁRVORE DE FALHAS (AAF) .....	27
2.3.4	WHAT IF (E SE...?).....	28
2.3.5	LISTA DE VERIFICAÇÃO .....	29
2.3.6	FMEA .....	29
2.4	APLICAÇÕES DA FMEA NA ÁREA AMBIENTAL.....	31
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
3.1	A EMPRESA .....	34
3.2	PROCESSO DE FUNDIÇÃO DE FERRO FUNDIDO.....	35
3.3	IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS NO SETOR DE FUSÃO .....	39
3.4	ADAPTAÇÃO DA FMEA .....	46
3.4.1	CRITÉRIO DE SEVERIDADE .....	46
3.4.2	CRITÉRIO DE OCORRÊNCIA.....	47
3.4.3	CRITÉRIO DE DETECÇÃO .....	49
3.5	A FMEA DO SETOR DE FUSÃO .....	51

3.5.1	PRIORIZAÇÃO DAS AÇÕES.....	51
4.	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
5.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>53</b>
6.	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>54</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A descoberta da máquina a vapor em 1760 foi considerada um marco da revolução industrial, com início na Inglaterra, onde a produção começa a deixar de ser artesanal, familiar e de pequena escala para começar a ser mecanizada e em grande escala, motivando também o surgimento do capitalismo.

Com a introdução das máquinas e o surgimento das indústrias, a produção passou a ser em série e em escala, a fim de atender o mercado em expansão. Estas transformações que ocorreram despertaram necessidades de mudanças na organização do trabalho, cujas conseqüências decorreram principalmente dos aspectos relacionados às condições de trabalho, segurança e saúde.

Diante desta interdependência entre a mão-de-obra e a evolução econômica, assim como pelo cumprimento da jornada de trabalho que constantemente provocava lesões e afetavam a segurança ou saúde do trabalhador (doenças ocupacionais), foi que surgiu a necessidade de assegurar normas de proteção para os trabalhadores. Neste contexto, começaram a surgir os primeiros protestos por mudança nas condições de trabalho, e assim, a primeira lei trabalhista, *Moral and Health Act* foi promulgada na Inglaterra por iniciativa do então primeiro ministro, Robert Peel, em 1802. Nela foram fixadas medidas importantes, mas inadmissíveis nos tempos de hoje como: duração máxima da jornada de trabalho infantil em 12 horas. (BRASIL, 2013a).

A Legislação trabalhista no Brasil, com vistas à saúde e segurança ocupacional e baseadas na Consolidação das Leis Trabalhistas – CLT se faz presente pelas Normas Regulamentadoras, aprovadas pela Portaria do Ministério do Trabalho Nº 3214 de 08 de Junho de 1978, que na data de sua publicação era constituída de vinte e oito Normas regulamentadoras. Hoje são trinta e seis normas regulamentadoras. As normas regulamentadoras existem em função da – CLT.

O cumprimento das NRs é obrigatório para todas as empresas públicas ou privadas, seja por parte aplicam-se, no que couber, aos trabalhadores avulsos, às entidades ou empresas que lhes tomem o serviço e aos sindicatos representativos das respectivas categorias profissionais. Dentre as NRs, este trabalho se relaciona de maneira particular a NR 09, que trata do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA, que em seu texto aborda a antecipação, avaliação e

reconhecimentos dos riscos e ainda o estabelecimento de prioridades, legitimando a relação com os objetivos deste trabalho.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desta monografia de especialização em engenharia de segurança do trabalho é adaptar a ferramenta de Análise de Modos e Efeitos de Falhas – FMEA para avaliação de situações de riscos no setor de fusão em uma indústria de fundição de ferro.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar os riscos existentes no setor de fusão da empresa ABC FUNDIÇÃO com a utilização da FMEA
- ✓ Definir critérios de Severidade, Ocorrência e Detecção para a adaptação da FMEA,
- ✓ Gerar uma avaliação de riscos do setor de fusão ABC FUNDIÇÃO utilizando a FMEA adaptada,
- ✓ Definir ordem de priorização de ação para os riscos encontrados.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Os aspectos de saúde e segurança ocupacional têm cada vez mais destaque no ambiente empresarial, não só pelas ações trabalhistas, que em 2012 somaram aproximadamente 2.245 milhões de ações trabalhistas, o que representa aumento de 5,1% em relação à 2011, segundo o jornal eletrônico – O Globo, mas também pela representatividade da perda da capacidade de produção das organizações com afastamentos. O GLOBO (2013)

O setor metalúrgico/automobilístico no Brasil vive uma época sem igual na história, uma vez que a produção de carros bate recorde ano após ano, impulsionada pelo bom momento e estabilidade da economia, e também pela redução do IPI – Imposto sobre Produto Industrializado. Neste ambiente o setor também tem procurado, por esforços próprios ou por solicitação das montadoras de automóveis, em função da crescente competitividade, estratégias de gestão para tornar a organização mais eficiente e satisfazer as exigências do consumidor. Ainda neste contexto mercadológico, verifica-se a preocupação cada vez maior das empresas, independente de sua natureza, em desenvolver políticas organizacionais compatíveis à gestão da qualidade, meio ambiente e segurança e saúde ocupacional. MACIEL (2001).

Assim, para minimizar ou eliminar prejuízos, as organizações desenvolvem e implementam sistemas de gestão voltados para a segurança e saúde ocupacional, onde os controles implementados devem ser robustos, de forma a identificar e avaliar as causas associadas aos acidentes e incidentes, pois estas informações fornecem dados que, se devidamente tratados através de uma visão sistêmica, podem fornecer subsídios importantes para a prevenção de possíveis acidentes e assim alcançar os resultados desejados. ARAUJO (2006)

Para Araujo (2006), as organizações devem estar livres de riscos e danos nos ambientes de trabalho, garantindo o bem estar físico, mental e social dos trabalhadores e partes interessadas, neste sentido, situações que podem culminar em perdas, injúrias, danos à propriedade produtos e serviços de uma organização, são problemas que podem acarretar prejuízos de várias formas econômicas, sociais, ambientais e de saúde e segurança ocupacional, pelo fato do processo, produto ou serviço oferecer tais riscos aos trabalhadores e sociedade.

Embora a organização objeto de estudo possua o SESMT – Serviço Especializado e Saúde e Medicina do Trabalho em conformidade com a legislação vigente e também uma maneira definida e implementada para a gestão de saúde e segurança do trabalho, a identificação de riscos existentes nos processos é baseada no *know-how* do corpo técnico, ficando limitada ao conhecimento implícito da organização.

Neste panorama, optou-se em adaptar a FMEA de processo para realizar a avaliação de riscos no setor de fusão de ferro, para assim demonstrar esta possibilidade, uma vez que esta ferramenta já é largamente utilizada no setor de engenharia de desenvolvimento e também face à certificação ISO TS 16949. Desta forma, entende-se que a linguagem necessária para o entendimento desta ferramenta já é de domínio da organização, bem como o conhecimento das etapas e do fluxo do processo, quer seja de maneira holística ou detalhada, o que pode facilitar sua adaptação e aplicação para o foco de saúde e segurança ocupacional, permitindo então que o conhecimento dos riscos neste setor passe a ser explícito de forma documentada.

Outro fator importante diz respeito à preparação da organização para a certificação pela norma OSHAS 18001 – *Occupational Health and Safety Assessment Specification* – que trata de saúde e segurança ocupacional, mesmo que este ainda não seja um objetivo claramente estabelecido, porém é possível vislumbrar a tendência de que as montadoras de automóveis passem a considerar esta certificação como item mandatório para seus fornecedores, com já para as normas ISO 9001/TS 16949 e ISO 14001.

## 2. REVISÃO LITERÁRIA

### 2.1 LEGISLAÇÃO

Existe uma extensa legislação trabalhista e previdenciária no Brasil, no entanto, para este trabalho, serão abordadas neste capítulo as principais normas regulamentadoras e temas da legislação correlatos ao tema desta monografia.

Internacionalmente, a intervenção do estado nas relações do trabalho, especificamente sobre a segurança e saúde, evidenciou-se na Revolução Industrial. BRASIL, (2013) LIMA (2008)

No Brasil as intervenções nas relações do trabalho ganharam força somente a partir de 1930, com a criação do Ministério do Trabalho na era de Getúlio Vargas, quando as questões relativas à saúde e segurança dos trabalhadores passaram a ser administradas no âmbito desse ministério, sendo que o ápice dessas intervenções se deu com o advento da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), através do Decreto-lei n. 5.452 de 1º de maio de 1943. A segurança e medicina do trabalho estão inseridas no Título II da CLT: Das Normas Gerais de Tutela do Trabalho, em seu Capítulo V, trabalhos 154 a 201.

Em 08 de junho de 1978 foi aprovada a Portaria 3.214 que criou vinte e oito Normas Regulamentadoras (NR) relativas à segurança e medicina do trabalho atendendo ao que dispõe os trabalhos de 154 a 201 do Capítulo V da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), permitindo um melhor entendimento de suas aplicações. Em abril de 1988, através da Portaria n. 3.067, foram aprovadas as Normas Regulamentadoras Rurais (NRR) relativas à Segurança e Higiene do Trabalho Rural, em número de cinco normas. O advento das Normas Regulamentadoras constitui um marco da Segurança e da Medicina do Trabalho no Brasil, pois promoveu avanços consideráveis em favor da proteção da saúde e integridade física dos trabalhadores. CAPONI (2004)

## 2.1.1 NORMAS REGULAMENTADORAS

Será apresentado a seguir um breve descrição das normas regulamentadoras – NRs aprovadas pela Portaria do Ministério do Trabalho Nº 3214 de 08 de Junho de 1978.

### **NR 1 – Disposições Gerais:**

O objetivo principal da NR1 – Disposições Gerais é justamente estabelecer onde serão aplicadas todas as demais Normas Regulamentadoras. Explicando os direitos e obrigações de todos os envolvidos, ou seja, dos empregados, dos empregadores e do governo em relação à Segurança e Saúde no trabalho.

### **NR 2 – Inspeção Prévia:**

Na NR2 – Inspeção Prévia está previsto que todo estabelecimento novo, antes de iniciar suas atividades, deverá solicitar aprovação de suas instalações ao órgão do Ministério do Trabalho e Emprego. Antes do início da atividade todo o estabelecimento deve solicitar a aprovação das suas instalações no órgão do Ministério do trabalho e Emprego. Ou seja, deverá ser feita a Inspeção Prévia.

### **NR 3 – Embargo e Interdição:**

Está prevista nesta Norma todas as situações em que um estabelecimento, setor de serviço, máquina e equipamento poderá ser interditado ou a obra toda ser embargada pelo Ministério do Trabalho e Emprego.

### **NR 4 – SESMT – Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho:**

Deve ser estabelecido nas empresas, sendo formado por uma equipe de profissionais multidisciplinares, visando a redução de acidentes e doenças ocupacionais no ambiente de trabalho. Nesta NR são estabelecidos os critérios do SESMT. Sendo formada por médico do trabalho, engenheiro de segurança no

trabalho, técnico de segurança no trabalho auxiliar de enfermagem, sendo estes profissionais contratados sempre de acordo com a quantidade de trabalhadores contratados e o grau de risco da atividade exercida. Sendo o grau de 1 a 4, e quanto maior o grau maior a exigência de profissionais do SESMT.

#### **NR 5 - CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes:**

Todas as empresas regidas pela CLT – Consolidação das Leis Trabalhistas está obrigada a organizar e manter em funcionamento a CIPA. Sendo que a CIPA tem como seu objetivo prevenir acidentes e doenças decorrentes da exposição ao trabalho, fazendo com que seja sempre compatível um trabalho com qualidade e a promoção da saúde do trabalhador.

#### **NR 6 – Equipamento de Proteção Individual:**

EPI – equipamento de Proteção Individual, dispositivo de uso individual, que pode ser de fabricação nacional ou estrangeira, que é para proteger a saúde e a integridade física do trabalhador, ou seja evitar que o colaborador sofra ferimentos leves. Todo EPI deve ter o CA – Certificado de aprovação, fornecido pelo Ministério do trabalho e Emprego, sendo que a empresa fica obrigada a fornecer o EPI gratuitamente aos seus empregados.

#### **NR 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional:**

Estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO, cujo objetivo é promover e preservar a saúde do conjunto dos seus trabalhadores.

#### **NR 8 – Edificações:**

Estabelece requisitos técnicos mínimos que devam ser observados nas edificações para garantir segurança e conforto aos que nelas trabalham.

### **NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais:**

Estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho. Os riscos apresentados nesta NR podem ser vistos na tabela 01 – Riscos NR 09 – abaixo.

<b>RISCOS - NR 09</b>				
<b>RISCOS FÍSICOS</b>	<b>RISCOS QUÍMICOS</b>	<b>RISCOS BIOLÓGICOS</b>	<b>RISCOS ERGONÔMICOS</b>	<b>RISCOS DE ACIDENTES</b>
Ruídos	Poeiras	Vírus	Esforço físico intenso	Arranjo físico inadequado
Vibrações	Fumos	Bactérias	Levantamento e transporte Manual de peso	Maquias e Equipamentos sem proteção
Radiações Ionizantes	Neblinas	Protozoários	Exigência de postura inadequada	ferramentas Inadequadas ou defeituosas
Radiações NÃO Ionizantes	Gases	Fungos	Controle rígido de Produtividade	Iluminação Inadequada
Frio	Vapores	Parasitas	Imposições de ritmos excessivos	Eletricidade
Calor	Substâncias compostos ou produtos químicos em geral	Bacilos	Trabalhos em turnos, diurno e noturno	Probabilidade de incêndio ou explosão
Pressões anormais	-	-	Jornada de trabalho Prolongada	Armazenamento inadequado
Unidade	-	-	Monotonia e repetitividade	Animais peçonhentos
-	-	-	Outras situações Causadoras de estresse físico e/ou psíquico	Outras situações de riscos que poderão contribuir para ocorrência de acidentes

### **NR10 – Serviços em Eletricidade:**

Esta NR estabelece os requisitos e condições mínimas exigidas para garantir a segurança e saúde dos trabalhadores que interagem com instalações elétricas, serviços elétricos em suas etapas de projeto, construção, montagem, operação e manutenção, bem como de quaisquer trabalhos realizados em suas proximidades.

### **NR 11 – Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais:**

Estabelece normas de segurança para operação de elevadores, guindastes, transportadores industriais e máquinas transportadoras. O armazenamento de materiais deverá obedecer aos requisitos de segurança para cada tipo de material.

### **NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos:**

Estabelece os procedimentos obrigatórios nos locais destinados a máquinas e equipamentos, como piso, áreas de circulação, dispositivos de partida e parada, normas sobre proteção de máquinas e equipamentos, bem como manutenção e operação.

### **NR 13 – Caldeiras e Vasos de Pressão:**

Estabelece os procedimentos obrigatórios nos locais onde se situam as caldeiras de qualquer fonte de energia, projeto, acompanhamento de operação e manutenção, inspeção e supervisão de inspeção de caldeiras e vasos de pressão, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país.

#### **NR 14 – Fornos:**

Estabelece os procedimentos mínimos, fixando construção sólida, revestida com material refratário, de forma que o calor radiante não ultrapasse os limites de tolerância, oferecendo o máximo de segurança e conforto aos trabalhadores.

#### **NR 15 – Atividades e Operações Insalubres:**

Estabelece os procedimentos obrigatórios, nas atividades ou operações insalubres que são executadas acima dos limites de tolerância previstos na Legislação, comprovadas através de laudo de inspeção do local de trabalho. Agentes agressivos: ruído, calor, radiações, pressões, frio, umidade, agentes químicos.

#### **NR 16 – Atividades e Operações Perigosas:**

Estabelece os procedimentos nas atividades exercidas pelos trabalhadores que manuseiam e/ou transportam explosivos ou produtos químicos, classificados como inflamáveis, substâncias radioativas e serviços de operação e manutenção.

#### **NR 17 – Ergonomia:**

Visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente, incluindo os aspectos relacionados ao levantamento, transporte e descarga de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos e às condições ambientais do posto de trabalho e à própria organização do trabalho.

#### **NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção:**

Estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção.

### **NR 19 – Explosivos:**

Estabelece procedimentos para manusear, transportar e armazenar explosivos de uma forma segura, evitando acidentes.

### **NR 20 – Líquidos Combustíveis e Inflamáveis:**

Estabelece a definição para líquidos combustíveis, líquidos inflamáveis e Gás de petróleo liquefeito, parâmetros para armazenar, como transportar e como devem ser manuseados pelos trabalhadores.

### **NR 21 – Trabalhos a céu aberto:**

Estabelece os critérios mínimos para os serviços realizados a céu aberto, sendo obrigatória a existência de abrigos, ainda que rústicos com boa estrutura, capazes de proteger os trabalhadores contra intempéries.

### **NR 22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração:**

Estabelece sobre procedimentos de Segurança e Medicina do Trabalho em minas, determinando que a empresa adotará métodos e manterá locais de trabalho que proporcionem a seus empregados condições satisfatórias de Segurança e Medicina do Trabalho.

### **NR 23 Proteção contra incêndios:**

Estabelece os procedimentos que todas as empresas devam possuir, no tocante à proteção contra incêndio, saídas de emergência para os trabalhadores, equipamentos suficientes para combater o fogo e pessoal treinado no uso correto.

### **NR 24 Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho:**

Estabelece critérios mínimos, para fins de aplicação de aparelhos sanitários, gabinete sanitário, banheiro, cujas instalações deverão ser separadas por sexo, vestiários, refeitórios, cozinhas e alojamentos.

### **NR 25 Resíduos Industriais:**

Estabelece os critérios para eliminação de resíduos industriais dos locais de trabalho, através de métodos, equipamentos ou medidas adequadas, de forma a evitar riscos à saúde e à segurança do trabalhador.

### **NR 26 Sinalização de Segurança:**

Esta NR tem por objetivos fixar as cores que devam ser usadas nos locais de trabalho para prevenção de acidentes, identificando, delimitando e advertindo contra riscos.

### **NR 27 Registro Profissional do Técnico de Segurança do Trabalho no Ministério do Trabalho:**

Estabelecia que o exercício da profissão de técnico de segurança do trabalho dependia de registro no Ministério do Trabalho, fosse efetuado pela SSST, com processo iniciado através das DRT. Revogada pela portaria Nº 262 de 29 de maio de 2008 (DOU de 30 de maio de 2008 – Seção 1 – Pág. 118).

### **NR 28 Fiscalização e Penalidades:**

Estabelece que fiscalização, embargo, interdição e penalidades, no cumprimento das disposições legais e/ou regulamentares sobre segurança e saúde do trabalhador, serão efetuados obedecendo ao disposto nos decretos leis.

### **NR 29 Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho Portuário:**

Regulariza a proteção obrigatória contra acidentes e doenças profissionais, alcançando as melhores condições possíveis de segurança e saúde dos trabalhadores que exerçam atividades nos portos organizados e instalações portuárias de uso privativo e retroportuárias, situadas dentro ou fora da área do porto organizado.

### **NR 30 – Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário:**

Esta norma aplica-se aos trabalhadores das embarcações comerciais, de bandeira nacional, bem como às de bandeiras estrangeiras, no limite do disposto na Convenção n.º 147 da Organização Internacional do Trabalho – Normas Mínimas para Marinha Mercante, utilizados no transporte de mercadorias ou de passageiros, inclusive naquelas utilizadas na prestação de serviços, seja na navegação marítima de longo curso, na de cabotagem, na navegação interior, de apoio marítimo e portuário, bem como em plataformas marítimas e fluviais, quando em deslocamento.

### **NR 31 Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura:**

Estabelecer os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível o planejamento e o desenvolvimento das atividades da agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura com a segurança e saúde e meio ambiente do trabalho. Para fins de aplicação desta NR considera-se atividade agro-econômica, aquelas que operando na transformação do produto agrário, não altere a sua natureza, retirando-lhe a condição de matéria prima.

### **NR 32 Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde:**

Busca estabelecer as diretrizes básicas para a implementação de medidas de proteção à segurança e à saúde dos trabalhadores dos serviços de saúde, bem como daqueles que exercem atividades de promoção e assistência à saúde em geral. Entende-se como serviços de saúde qualquer edificação destinada à prestação de assistência à saúde da população, e todas as ações de promoção, recuperação, assistência, pesquisa e ensino em saúde em qualquer nível de complexidade.

### **NR 33 – Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados:**

Estabelece requisitos mínimos para identificação de espaços confinados e o reconhecimento, avaliação, monitoramento e controle dos riscos existentes, de forma a garantir permanentemente a segurança e saúde dos trabalhadores e que

interagem direta ou indiretamente neste espaços. Espaço confinado é qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes ou onde possa existir a deficiência ou enriquecimento de oxigênio.

### **NR 34 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e Reparação Naval:**

Estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção à segurança, à saúde e ao meio ambiente de trabalho nas atividades da indústria de construção e reparação naval. Cita nove procedimentos de trabalhos executados em estaleiros: trabalho a quente; montagem e desmontagem de andaimes; pintura; jateamento e hidrojateamento; movimentação de cargas; instalações elétricas provisórias; trabalhos em altura; utilização de radionuclídeos e gamagrafia; e máquinas portáteis rotativas.

### **NR 35 – Trabalho em Altura:**

Estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura baseado no planejamento, organização e na execução, a fim de garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores com atividades executadas acima de dois metros do nível inferior, onde haja risco de queda.

### **NR 36 – Segurança e Saúde No Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados:**

O objetivo desta Norma é estabelecer os requisitos mínimos para a avaliação, controle e monitoramento dos riscos existentes nas atividades desenvolvidas na indústria de abate e processamento de carnes e derivados destinados ao consumo humano, de forma a garantir permanentemente a segurança, a saúde e a qualidade de vida no trabalho, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras - NR do Ministério do Trabalho e Emprego.

## 2.1.2 DEFINIÇÃO DE ACIDENTE

A definição legal de acidente de trabalho é definida no trabalho 19 da Lei n.º 8.213 de 1991: *“É aquele que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal, ou perturbação funcional, que cause perda ou redução da capacidade de trabalho, temporária ou permanente, ou ainda a morte”*, também chamada de acidente típico, e ainda, existem algumas situações que se equiparam, legalmente falando, ao acidente de trabalho típico: a Doença Profissional, a Doença do Trabalho e o Acidente de Trajeto. PREVIDÊNCIA SOCIAL (2013)

A Doença Profissional pode ser entendida como aquela produzida pelo exercício do trabalho peculiar, específica a determinada atividade exercida pelo trabalhador, integrante do Nexo Técnico Epidemiológico – NTEP, atividade e que do Ministério do Trabalho ou da Previdência Social. PREVIDÊNCIA SOCIAL (2013)

Doença do Trabalho é aquela adquirida em função de condições ambientais nas quais o trabalho é realizado, e que com ele tenha relação. Acidente de Trajeto é aquele ocorrido no trajeto de ida ao trabalho ou retorno para a residência do trabalhador. Na ocorrência de acidente de trabalho, o trabalhador deverá comunicar o fato à empresa, e esta, por sua vez, deverá comunicar o evento à Previdência Social através da CAT – Comunicação de Acidente de Trabalho, no prazo de 24 horas, sob pena de a empresa sofrer multa ou sanções. PREVIDÊNCIA SOCIAL (2013)

A ocorrência de um acidente pode provocar lesões, danos e perdas, prejudicando o trabalhador, que pode ficar incapacitado parcial ou permanentemente para o trabalho. As empresas também podem sofrer prejuízos significativos, e geralmente as empresas de pequeno porte são as mais afetadas. ARAUJO (2006)

A incapacidade do trabalhador acidentado pode ser temporária ou permanente. A incapacidade temporária diz respeito aos trabalhadores que ficaram temporariamente incapacitados para o exercício de sua atividade laborativa, em função de acidente ou doenças do trabalho. A incapacidade permanente refere-se aos trabalhadores que ficaram permanentemente incapacitados para o exercício laboral. PREVIDÊNCIA SOCIAL (2013)

A incapacidade permanente pode ser distinguida de duas formas: parcial e total. Entende-se por incapacidade permanente parcial o fato do acidentado em exercício laboral, após o devido tratamento psicofísico-social, apresentar sequela definitiva que implique em redução da capacidade, mas com condições de exercer a outra atividade laboral. O outro tipo incapacidade permanente ocorre quando o trabalhador acidentado em exercício laboral apresentar incapacidade permanente e total para o exercício de qualquer atividade laborativa. PREVIDÊNCIA SOCIAL (2013)

## 2.2 GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA OCUPACIONAL

Segundo Caponi (2004), os estudos de análise de risco constituem uma ferramenta para elaboração de ações de prevenção de acidentes, que consiste em um estudo detalhado de um objeto, com a finalidade de identificar perigos e avaliar os riscos associados. Assim, o processo de avaliação de riscos utiliza os resultados da análise de riscos para a tomada de decisão quanto ao gerenciamento dos riscos, através da comparação com critérios de tolerabilidade de riscos previamente estabelecidos. Reis (2006) explica que os objetivos da execução de análise de riscos em instalações industriais podem ser: prevenir e prever falhas e acidentes, minimizar consequências e auxiliar na elaboração de planos de ação de emergência. Para isso, constitui-se necessária a adoção de metodologias sistemáticas e estruturadas para identificação de perigos, avaliação e gerenciamento de riscos, além disso, os resultados de um estudo de análise e avaliação de risco para prevenção e redução de acidentes constituem uma etapa de um programa de gerenciamento de riscos (PGR).

Segundo Reis (2006), um programa de gerenciamento de riscos é uma ferramenta que deve ser implementada em atividades de instalações industriais que sejam vulneráveis a acidentes ao longo de sua vida útil. Maschio (2007) apresenta que as etapas de um PGR podem ser divididas em: identificação e avaliação de riscos, quantificação, monitoramento e controle.

A prevenção de acidentes do trabalho é um assunto urgente e da maior importância, cujo interesse não se limita apenas aos trabalhadores, mas também aos governos, às organizações e à sociedade em geral, pois os prejuízos gerados

pelos acidentes afetam, direta ou indiretamente, a todos os segmentos, neste sentido, o PPRA – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais é o instrumento pelo qual uma empresa deve exercer a gestão de risco, juntamente com outros programas de saúde e segurança ocupacional, como o programa de prevenção respiratória – PPR, programa de conservação auditiva – PCA, dentre outros, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos existentes, sempre primando pela proteção ambiental e dos recursos naturais. FUNDACENTRO (2004)

## 2.3 FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE RISCOS

A base de uma gestão eficiente depende de informações a respeito do que se deseja gerir. Para a saúde e segurança não é diferente, fazendo-se então necessário a busca por estas informações, a fim de identificar, antecipar, avaliar e agir diante de situações de risco.

Existem várias ferramentas que podem auxiliar nesta busca de informação, seja na área de projeto, desenvolvimento ou até mesmo como forma investigativa para determinação de uma causa raiz, que podem ser aplicadas em muitas áreas do conhecimento, como a análise preliminar de risco – APR, técnica de incidentes críticos – TIC, análise da árvore de falhas – AAF, análise de árvore de causas – AAC, lista de verificação ou *checklist*, a FMEA e muitas outras. A seguir, serão apresentadas algumas destas metodologias de avaliação/investigação de riscos ou acidentes.

### 2.3.1 Análise Preliminar de Risco (APR)

A APR é um método de análise inicial de caráter prevencionista e normalmente aplicado nas fases de concepção ou de pré-desenvolvimento de um novo sistema, com a finalidade da identificação de perigos e da análise dos riscos que poderão estar presentes, quando o sistema estiver em condições de operacionalização. De Cicco e Fantazzini (1994), ainda dizem que a APR é essencialmente uma ferramenta, destacando a importância para os casos em que os elementos a serem analisados, dentro de um determinado objeto de estudo,

possuem pouca similaridade com os existentes, como um fator ou variável com características inovadoras ou pioneiras. Em resumo, a APR se aplica, principalmente, quando a experiência nos riscos do objeto de estudo é deficiente, ou seja, não existem informações a respeito do processo ou sistema ao qual se está avaliando.

### 2.3.2 Técnica de Incidentes Críticos (TIC)

Segundo De Cicco e Fantazzini (1994) A Técnica de Incidentes Críticos é definida como um método de análise de operações para identificar erros e condições inseguras que contribuem para os acidentes com lesão, tanto reais como potenciais, através de uma amostra aleatória estratificada de observadores participantes, selecionados dentro de uma população. A aplicação da técnica consiste em perguntas feitas por um entrevistador a um certo número de pessoas que tenham executado serviços específicos dentro de determinados ambientes e pedindo-se a elas que recordem ou descrevam atitudes inadequadas, que tenham cometido ou observado e também condições inadequadas e/ou inseguras que tenham detectado dentro da empresa. Os observadores participantes relatam tantos incidentes críticos quantos lembrarem, não se importando com os efeitos resultantes.

Pensando na aplicação desta técnica, por ser baseada em entrevistas com os colaboradores da organização que executam as atividades, ou seja, permite a identificação da reposta-empregado/colaborador, o resultado pode ser comprometido, por parte do colaborador ou até mesmo pela postura do entrevistador, em função de fatores humanos como o nervosismo, medo, dentre outros sentimentos. Sendo assim, uma possível contramedida pode ser a realização da entrevista por uma pessoa neutra em relação a organização e ao empregado/colaborador, por exemplo, uma empresa especialista em psicologia do trabalho. Outra forma seria apresentar esta técnica aos membros da CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes, e assim torná-los os entrevistadores, uma vez que estas pessoas já são reconhecidas pelo chão de fábrica como representantes de trabalho seguro.

### 2.3.3 Análise por Árvore de Falhas (AAF)

A AAF é um dos métodos de prevenção de incidentes e acidentes mais utilizados, principalmente para os problemas em que a identificação de perigos e análise e controle de riscos se mostram mais complexas. Ela estuda os fatores que poderiam conduzir o objeto a perdas ou danos, partindo de um determinado evento e estabelecendo uma combinação de falhas, com base em dados probabilísticos, aplicados em uma seqüência utilizando a simbologia lógica, através das comportas, originalmente estabelecidas, como "AND" e "OR". DE CICCIO E FANTAZZINI (1994)

Para elaborar uma árvore de eventos são efetuados os seguintes passos, de acordo com: Definição do evento iniciador que pode conduzir ao acidente; Definição dos sistemas de segurança que irão atuar mitigando o evento iniciador; Estabelecer uma árvore lógica de decisões as várias sequencias de acontecimentos que podem surgir a partir do evento inicial; Calcular as probabilidades de cada ramo do sistema que conduz a alguma falha (acidente). SOUZA et al. (2012)

Na Figura abaixo, é apresentada uma árvore de falhas diagramada para um evento topo qualquer.

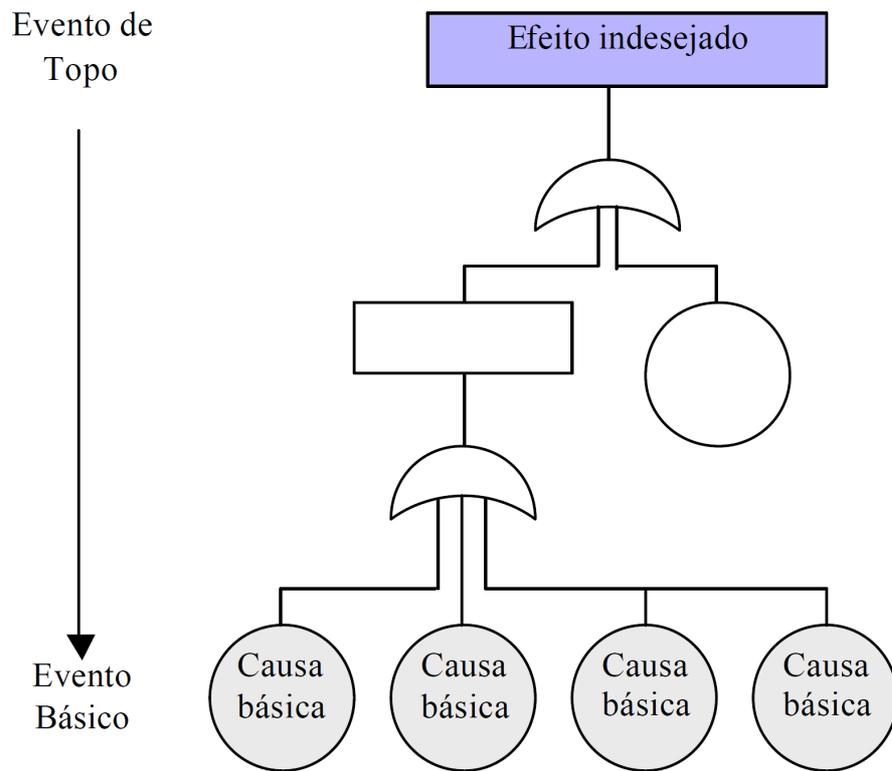


Figura 01 – Arvore de Falhas  
 Fonte: SAKURADA (2001)

#### 2.3.4 What If (E Se...?)

Trata-se de um método de identificação de perigos e análise de riscos bastante simples, que consiste em detectar perigos através de um questionamento aberto promovido pela pergunta E se...? O objeto da técnica *What If* pode ser um sistema, um equipamento, um processo ou um evento. O foco é "tudo que pode sair errado". (CARDELLA, 1999). O foco, segundo o autor, é mais abrangente que o de outras ferramentas, devido ao seu questionamento mais livre, comparando-se a um *brainstorming*, onde a pergunta E se...? é feita, questionando o aspecto que se julgar oportuno sobre o objeto de estudo. Essa metodologia aplica-se, também, sob um enfoque sistemático com aspecto multidisciplinar, quando o objeto de estudo é focado sob o ponto de vista de especialistas, como projetos, manutenção mecânica,

elétrica e eletrônica, preservação ambiental, medicina ocupacional. Nesses casos a pergunta E se...? é direcionada a cada especialidade.

### 2.3.5 Lista de Verificação

A Lista de Verificação, mais conhecida como *checklist*, consiste em uma ferramenta que se caracteriza pela praticidade e objetividade. Aplica-se ao objeto de estudo no sentido da verificação da conformidade de seus atributos a padrões. A sua grande flexibilidade permite sua aplicação a objetos de estudos como sistema, processo, equipamento, instalação, área. A LV pode ser estruturada de forma a se adequar às mais diversas especialidades. A objetividade da LV está na comparação de desvios detectados no objeto de estudo em comparação aos padrões da lista. A técnica apresenta particular importância nas inspeções de rotina em postos de trabalhos que apresentam tarefas repetitivas com riscos e padrões bem definidos, tais como: a partida de um processo, o acionamento de uma máquina. Além disso, a Lista de Verificação está incorporada dentro de outras técnicas no sentido de controlar os riscos por elas identificados.

### 2.3.6 FMEA

A FMEA surgiu aproximadamente nos anos 50, não se sabe a data ao certo, mas era utilizada por empresas aeronáuticas e militares. Para Moura (2000, p.6): apesar de serem feitas análises semelhantes em projetos e processos de manufatura, a primeira aplicação formal foi em uma inovação da indústria aeroespacial em meados dos anos 60. Já nos anos 70 passou a ser utilizada com intenção de aprimorar o desempenho de produtos e processos e nos anos 90 passou a ser uma ferramenta do Controle de qualidade, tornando-se um instrumento essencial na gestão da qualidade total nas empresas, também tornou-se requisito de algumas normas como a utilizada pela *Ford, Chrysler e General Motors QS – Quality System – 9000*.

Hoje a FMEA é de utilização mandatória em empresas do setor automobilístico em função da certificação ISO TS 16949.

Segundo Palady (1997), a FMEA é uma das técnicas de baixo risco mais eficiente para prevenção de problemas e identificação de soluções mais eficazes em termos de custos, oferecendo três funções distintas: É uma ferramenta para prognóstico de problemas, é um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados e é o diário de um projeto, processo ou serviço.

Conforme Silva, Fonseca e Brito (2006, p. 1): “FMEA é um método de análise de risco indutivo, que permite avaliar, a partir de modo de falha, as respectivas causas e conseqüências de efeitos, assim como os meios de detecção e prevenção dos modos de falha e de mitigação dos seus efeitos”.

Segundo a Interaction Plexus (2009, p.10-14), existem dois tipos de FMEA: “DFMEA – referente ao projeto e PFMEA – referente ao processo” e elas são parte integrante da gestão de risco e suportam a melhoria, agindo de forma proativa e reativa, identificando os modos de falha potencial a fim de preveni-los e também buscando detectar qualquer modo que o processo venha a falhar. Ambas muito semelhantes, diferenciando-se em alguns pontos como o cliente, que não é definido com sendo é apenas o usuário final, mas também os engenheiros e equipes que estejam envolvidas com o desenvolvimento do projeto/processo, a manufatura, montagem, assistência técnica, dentre outros.

Assegurar que os modos de falha potenciais e suas causas ou mecanismos sejam considerados e abordados na implementação da FMEA é responsabilidade de quem está conduzindo-a, por isso deve-se envolver representantes de todas as áreas correlatas, tais como: montagem, manufatura, qualidade, SESMT, análise/ensaio, desenvolvimento, fornecedores – quando aplicável, entre outros, pois esta deve servir como um propulsor de ideias para estimular e promover uma abordagem de equipe. CARDELLA (1999)

Para a condução de uma FMEA, deve-se conhecer e compreender os princípios e funções do sistema e dos seus componentes. Para isso, utiliza-se dos enfoques reducionista e sistêmico. Conhecendo-se o sistema analisam-se os modos de falhas dos componentes, culminando com a determinação da probabilidade de falha do sistema. De posse dessas probabilidades indicam-se os possíveis efeitos de cada falha específica. Por último, estima-se a gravidade de cada falha

evidenciada, associando-as com categorias ou classes de riscos, as quais podem ter elaboradas tabelas conforme a conveniência de cada caso. (CAPONI, 2004)

Para se efetuar a análise detalhada de uma FMEA, utiliza-se um formulário com os campos preestabelecidos onde se registram as informações obtidas. O formulário deve ser elaborado conforme os critérios de cada empresa, preservando-se os elementos-chave da FMEA que são: componentes (parte do processo ou da peça), modos de falhas (o que pode dar errado), efeitos (consequências em função dos modos de falha), método de detecção e medidas de controle de risco, podendo incrementá-los conforme cada caso.

Este método permite a análise de como podem falhar os componentes de um equipamento ou sistema, estimar as taxas de falha, determinar os possíveis efeitos e, conseqüentemente, estabelecer as intervenções que deverão ser feitas para aumentar a probabilidade de funcionamento do equipamento ou sistema de forma compatível. Assim, o objeto da FMEA são os sistemas. O foco é o componente e suas falhas. (DE CICCIO; FANTAZZINI, 1994; CARDELLA, 1999).

## 2.4 APLICAÇÕES DA FMEA NA ÁREA AMBIENTAL

A aplicação da ferramenta FMEA na área ambiental é recente, existem poucas referências nessa área, dentre elas podemos destacar: Silva, Tin e Oliveira (1997), Vandenbrande (1998), Martins e Zambrado (2003), Campani et al. (2006), Nogueira, Perez e Carvalho (2011).

Silva, Tin e Oliveira (1997), em seu trabalho, destacaram a relação entre a FMEA e a Norma ISO 14000. De acordo com os autores, a FMEA pode ser utilizada para assegurar a análise e priorização dos impactos ambientais (Item 4.3.1), e também pode ser usada para solucionar problemas de forma sistemática na identificação das causas fundamentais (Item 4.5.2).

Vandenbrande (1998) descreveu em seu trabalho a aplicação de um FMEA voltada para área ambiental. A FMEA de processo clássico pode ser facilmente adaptada para incluir falhas no processo que gerem riscos ambientais. Isto pode ser feito utilizando-se uma nova tabela para pontuar a severidade, baseada em riscos ambientais. A detecção e ocorrência podem ser pontuadas exatamente da mesma

forma que no FMEA de processo tradicional. Desta forma pode-se priorizar riscos ao meio ambiente e definir medidas para reduzi-los ou eliminá-los. Desta forma é possível, com pequenas adaptações, utilizar uma ferramenta já aplicada para prever riscos no processo de forma mais abrangente, incluindo riscos ao meio ambiente e, conseqüentemente, atendendo à exigências de normas do Sistema de Gestão Ambiental como a ISO14000.

Martins e Zambrado (2003) fizeram um estudo da aplicação da FMEA em uma empresa de pequeno porte fabricante de pinos de pistão, localizada em São Paulo. O objetivo foi verificar a viabilidade da aplicação da metodologia FMEA para a análise dos impactos ambientais. Foi realizado um levantamento das entradas e saídas de cada operação do processo de usinagem do pino de pistão. Posteriormente, para cada resíduo e efluente, foi calculado o Risco Ambiental através da multiplicação dos índices adotados para a severidade do impacto ambiental, para a probabilidade de ocorrência do impacto e a para facilidade de detecção do impacto. Analisando a FMEA verificou-se que o maior risco ambiental é o óleo desperdiçado, pois há vazamento de óleo nos processos e quando é realizada a limpeza da fábrica o óleo vai para esgoto, podendo contaminar os cursos de água. A solução encontrada para minimizar o impacto existente e prevenir impactos potenciais foi colocar uma proteção na máquina para que óleo retorne ao processo e não venha a cair no chão.

Campani et al. (2006), com objetivo de efetuar levantamentos sobre os aspectos e impactos ambientais encontrados no prédio do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, através de um SGA, identificaram com a utilização da FMEA, os riscos ambientais a serem atacados com ordem de prioridade. Com a aplicação do FMEA obteve-se a priorização dos aspectos e impactos ambientais, que foram quantificados através do IRA, (que é a representação dos maiores riscos ambientais associados às facilidades de implementação de uma ação corretiva de modo a obter uma maior efetividade). Através da análise da FMEA, foram identificados que os maiores riscos ambientais estão relacionados às seguintes temas: Banheiros, Consumo de Água (tendo como causa potencial a utilização inadequada da vazão da água e em tempo excessivo) e a Coleta Seletiva (com causa potencial apontada como sendo falha na coleta de resíduos). Os resultados obtidos com a aplicação da ferramenta

apresentaram como principal ação recomendada a conscientização e reeducação das pessoas.

Nogueira, Perez e Carvalho (2011), em uma pesquisa recente mostraram a aplicação da FMEA em um laticínio da região de Lavras – MG, a ferramenta foi empregada com objetivo de avaliar o risco ambiental durante o processamento de queijos. Através de um levantamento das entradas e saídas de cada operação do processo que foi realizado, foram analisadas as saídas que apresentaram risco ambiental, utilizando-se um formulário para aplicação do método. Verificando os resultados da FMEA foram encontrados os principais riscos ambientais, o laticínio não possui uma estação de tratamento de efluentes, os efluentes líquidos são lançados no curso de água, a recomendação foi construir o quanto antes uma estação, também o soro destinado aos animais se mostrou como um risco devido ao seu armazenamento deficiente, pois as vezes ocorre vazamentos deste o que acaba contaminando o curso de água próximo ao laticínio, o correto é a construção de um tanque com dimensões adequadas para o armazenamento. Através da análise da FMEA foram sugeridas ações para a diminuição da probabilidade do risco ambiental gerado ocorrer. Com implementação dessas medidas a empresa conseguirá obter um processo mais sustentável que respeite o meio ambiente e a sociedade.

### 3. METODOLOGIA

Os trabalhos realizados para elaboração deste artigo são de natureza aplicada e descritiva, com universo definido – Setor de Fusão – e seguiram o roteiro abaixo:

- Escolha da organização para adaptação da FMEA,
- Escolha do processo para adaptação da FMEA,
- Levantamento descritivo e do fluxo de processo (macro e micro),
- Identificação das funções/cargos (descrição e quantidade de funcionários),
- levantamento qualitativo de riscos (observação *in loco*), e tempo médio de exposição,
- Definição do cabeçalho da FMEA,
- Adaptação dos Critérios de Severidade, Ocorrência e Detecção,
- Elaboração da FMEA do processo escolhido,
- Sugestão de ações mitigadoras.

Foi adotado o procedimento bibliográfico, sendo que a revisão de literatura foi realizada durante todo o período de trabalho, com abordagem qualitativa pela observação do processo e em função da característica da própria ferramenta FMEA, mas também tem cunho quantitativo em se tratando dos critérios de severidade, ocorrência, detecção, e ainda da definição do número provável de risco – NPR para cada modo de falha.

Este trabalho também tem caráter monográfico, uma vez que se está observando uma condição de trabalho de uma população específica dentro da organização escolhida, e ainda, pode-se entender também que há uma vertente comparativa, considerando a adaptação da FMEA de processo para avaliação de risco em saúde e segurança.

#### 3.1 A EMPRESA

Acompanhando a crescente demanda do setor automotivo nacional e internacional aliada ao processo de desverticalização de mercado automobilístico, a ABC FUNDIDOS, iniciou no ano de 2005 suas operações de FUNDIÇÃO de FERRO FUNDIDO, possibilitando fornecer aos seus clientes produtos de qualidade em fundição de ferro, passando inclusive a fornecer para o setor ferroviário. A tecnologia

utilizada na produção de fundidos de ferro é a de moldagem vertical/horizontal com sistema de injeção do metal sob pressão.

O objetivo da ABC FUNDIDOS é atender com excelência e encantar os clientes dos mercados automotivo e ferroviário, nos segmentos de Usinagem, Fundição (Ferro Fundido e Alumínio) e por isso, possui as certificações mundialmente reconhecidas através do organismo de certificação de 3ª parte - Bureau Veritas Certification, em ISO/TS 16949/2009 (padrão mundial de sistema de gestão da qualidade do segmento automotivo), ISO 9001:2008. A empresa ainda não possui certificação na área de saúde e segurança ocupacional.

A organização/empresa tema deste artigo está instalada em um terreno com aproximadamente 400.000 metros quadrados e tem área construída de aproximadamente 122.000 metros quadrados. O prédio industrial da planta de fundição de ferro possui aproximadamente 50.000 (cinquenta mil) metros quadrados, com fechamento lateral de concreto pré-moldado protendido, piso industrial de concreto bruto, telhado em telhas pré-moldadas protendidas, iluminação com lâmpadas de vapor de mercúrio de 400 W e possui sistema de ventilação artificial através de exaustores (Filtros de Manga, Ciclones de Vento e Lavador de Gases), cuja vazão nominal total é de 400.000 (quatrocentos mil) metros cúbicos por hora.

### 3.2 PROCESSO DE FUNDIÇÃO DE FERRO FUNDIDO

A ABC FUNDIDOS conta atualmente com 03 linhas de produção na Unidade de Fundição de Ferro. Duas delas são linhas de moldagem vertical para peças até 50 kg com capacidade de 50 mil toneladas/ano cada. Além disto, a empresa iniciou em 2011 a implantação de sua terceira linha de moldagem horizontal e atenderá a demanda por peças e carcaças pesadas (até 350 kg). Atualmente, a 3ª linha possui capacidade de moldagem de 150 mil toneladas/ano. A capacidade total de produção atual é de 250 mil toneladas/ano.

A Unidade de Fundição de Ferro abastece outras unidades produtivas internas, bem como os clientes externos, tanto no segmento automotivo como ferroviário. Os principais produtos no mercado automotivo são: Blocos de Motor, Virabrequim, Carcaça de Diferencial, Caliper de Freio, Cubo de Roda e outros. Para

mercado ferroviário, destacam-se: Ombreiras e Placas de Apoio. Esta unidade conta hoje com um total de 1201 funcionários.

As principais matérias primas são as sucatas metálicas de ferro e aço, cavacos de ferro e sobras metálicas do próprio processo e também das unidades internas de produção, que correspondem a cerca de 85% do total. O restante diz respeito a ligas de correção, como as de Ferro-Silício-Magnésio, Ferro Gusa Sólido, Ferro-Molibdênio dentre outros. Os principais insumos para produção são: água, energia elétrica, granalhas de aço, areia industrial, argilas tipo bentonitas, resinas fenólicas e gás natural.

O fluxo macro do processo de fundição de ferro pode ser visto na figura 02 logo abaixo, começando O começa com o recebimento das MATÉRIAS PRIMAS, e em seguida duas etapas distintas, a etapa de FUSÃO, figura 03, que é o objeto de estudo deste trabalho, onde ocorre o derretimento do metal em fornos de indução elétrica a temperatura média de 1400°C a 1600°C. Em paralelo ocorre a etapa de MOLDAGEM, onde são feitos os moldes e machos em areia, que são responsáveis pelo formato e dimensões externas e internas da peça. Após estas etapas, o metal líquido é vazado na etapa de VAZAMENTO dentro dos moldes de areia, há um tempo de espera (etapa de CURA) na própria esteira, e na sequência passa pelo DESMOLDE.

O desmolde acontece no equipamento chamado de “Tamborão”, que é uma espécie de tambor rotativo, onde o molde de areia preenchido com o metal será desfeito. A areia é recuperada, retornando ao processo de moldagem.

Após o desmolde, as peças passam pela etapa de QUEBRA DE CANAL, onde são quebradas as saliências externas da peça, cantos vivos, etc. os resíduos da quebra de canal retornam ao processo de FUSÃO.

Mesmo passando pela quebra de canal, há necessidade realizar um ACABAMENTO final nas peças, que é feito manualmente por meio de rebolos. Após esta etapa, seguem para QUALIDADE, onde são inspecionadas e liberadas para EXPEDIÇÃO e envio aos clientes.

Existem alguns clientes que desejam receber as peças pintadas, por isso estas peças passam pela PINTURA antes da EXPEDIÇÃO e envio.

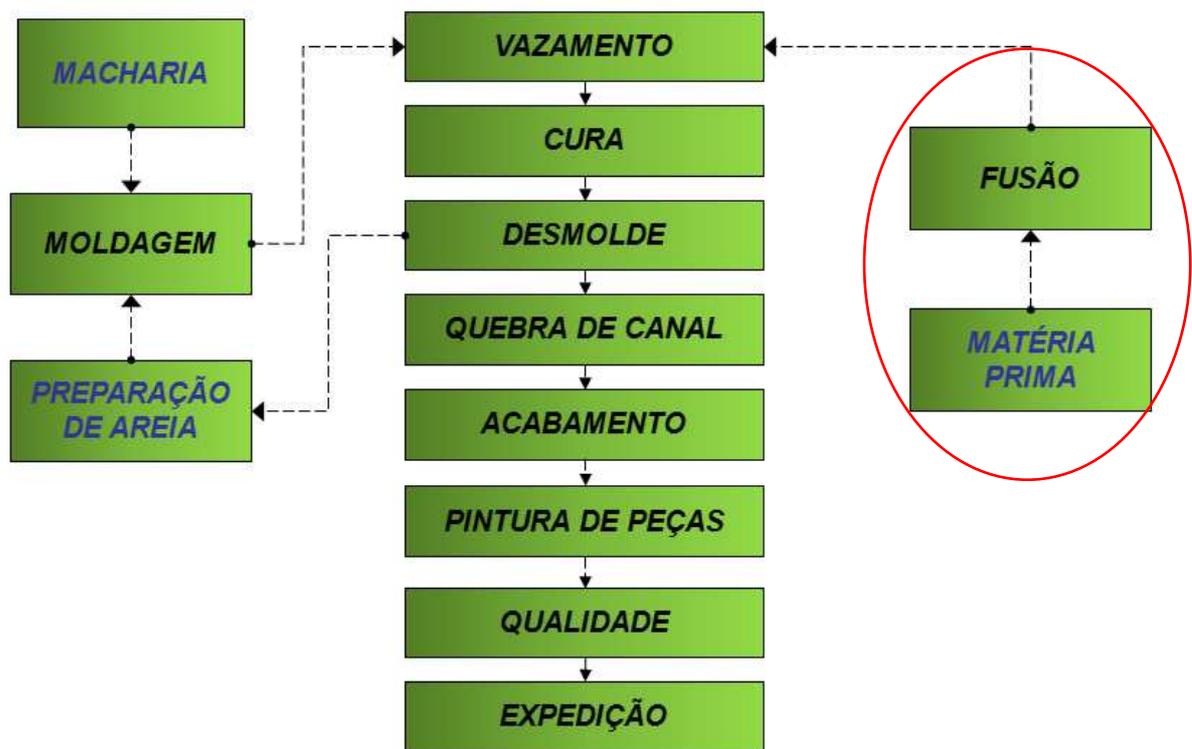


Figura 02 – Fluxo Processo Fundição de Ferro  
 Fonte: Autoria Própria

Este fluxo da figura 01 representa de maneira macro o processo existente, sendo que o círculo em destaque na cor vermelha é detalhado na figura 02 – fluxo do setor de fusão.

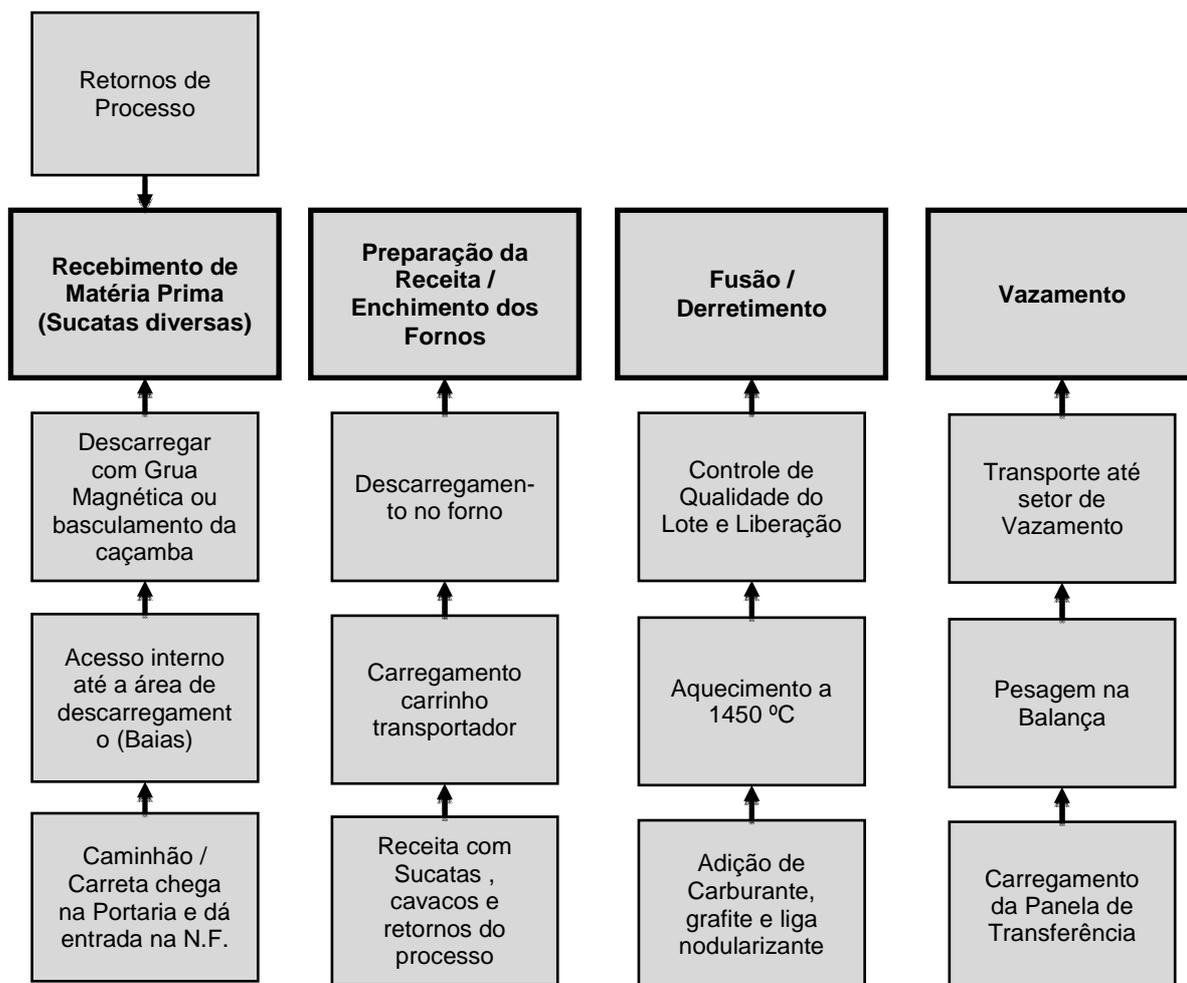


Figura 03 – Fluxo do Setor de Fusão

Fonte: Próprio Autor

O setor de fusão possui 08 fornos de indução elétrica e conta com uma área de recebimento de matérias primas e retornos de processo – Baías – para atender as linhas de moldagem existentes conforme dito anteriormente. Este setor conta com 56 trabalhadores, dispostos nas funções de supervisor, operador/auxiliar de forno, operador de grua magnética, operador de empilhadeira e refratarista.

### 3.3 IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS NO SETOR DE FUSÃO

A identificação qualitativa preliminar dos riscos no setor de fusão foi realizada com base no fluxograma do processo, aliado a visita *in loco* no setor, acompanhado com um técnico de segurança do trabalho, onde foi possível constatar a presença de alguns riscos.

O SESMT da organização forneceu a descrição das funções dos trabalhadores do setor, que foram cruzadas com a avaliação qualitativa preliminar, gerando a tabela 01 – Avaliação Qualitativa de Risco X Função.

Quadro 01 – Avaliação Qualitativa de Risco X Função

AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO AOS AGENTES DE RISCO POR FUNÇÃO – QUALITATIVO						
FUNÇÃO	DESCRIÇÃO	RISCO				
		FÍSICO	QUÍMICO	ERGONÓMICO	ACIDENTES	BIOLÓGICO
<b>Supervisor de Fusão</b>	Supervisionar a equipe de trabalho (operador de grua, operador de forno, operador de empilhadeira e refratarista)	S	S	N	S	N
<b>Operador de Ponte Rolante Magnética</b>	Operar Grua/Ponte Rolante Magnética, máquinas e equipamentos de elevação, ajustando comandos, acionando movimentos das máquinas. Avaliar condições de funcionamento das máquinas e equipamentos, interpretando painel de instrumentos de medição, verificando fonte de alimentação, testando comandos de acionamento. Preparar área para operação dos equipamentos e materiais em máquinas e equipamentos de elevação. Trabalhar seguindo normas de segurança, higiene, qualidade e proteção ao meio ambiente.	S	S	S	S	N

<b>Auxiliar / Operador de Forno/Forneiro</b>	Definir a receita de Fusão; Informar ao Operador da Grua/Ponte Rolante Magnética a Receita do metal a ser fundido; Controle de qualidade do Material Fundido antes do Vazamento; Preparar fornos para operação; Ajustar a composição química de ligas metálicas, realizar vazamento de metal para panela vazadora; Preparar fornos para manutenção; Registrar as ocorrências técnicas e operacionais e trabalhar em conformidade a normas e procedimentos técnicos e de qualidade, segurança, higiene, saúde e preservação ambiental.	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>N</b>
<b>Operador de Empilhadeira</b>	Operar equipamento de empilhadeira; transportar a panela vazadora do Forno de Fusão até o equipamento de vazamento/Injeção de metal; Trabalhar em conformidade a normas e procedimentos técnicos e de qualidade, segurança, higiene, saúde e preservação ambiental.	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>N</b>
<b>Refratarista</b>	Realizar a recomposição do material refratário (Tijolos/Argamassa) das panelas vazadoras e dos fornos de acordo com as especificações técnicas; Controlar o estoque de materiais refratários; trabalhar em conformidade a normas e procedimentos técnicos e de qualidade, segurança, higiene, saúde e preservação ambiental.	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>N</b>

**S = SIM; N = NÃO**

Fonte: Próprio Autor; SESMT da Organização.

Nesta etapa verificou-se a presença de riscos químicos, físicos, ergonômicos e de acidentes, não sendo detectados riscos biológicos inerentes ao processo.

Após a avaliação preliminar procurou-se estabelecer, em conjunto com o SESMT da organização, a descrição mais detalhada do risco, abrangendo a fonte geradora e o tempo médio de exposição dos trabalhadores do setor, bem como os equipamentos de proteção coletiva – EPC – e de equipamentos de proteção individual – EPI – gerando assim a tabela 02 – Avaliação Quantitativa de Risco X Função que é apresentada logo abaixo.

O conceito desta classificação tem base na norma regulamentadora NR 09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, do Ministério do Trabalho e Emprego.

Quadro 02 – Avaliação Quantitativa de Risco X Função.

<b>AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO AOS AGENTES DE RISCO POR FUNÇÃO – QUANTITATIVO</b>				
<b>SUPERVISOR DE FUSÃO</b>	<b>Fonte geradora</b>	<b>Tempo de Exposição</b>	<b>EPC</b>	<b>EPI's</b>
<b>Agentes Físicos</b>				
Ruído, NR – 15, anexo 01 - Ruído, NHT 554/93 (escritórios).	Máquinas e equipamentos	4H/D	Enclausuramento de máquina	Uso do Protetor auditivo
Radiações não ionizantes – NR – 15, anexo 07.	Fornos de fusão	4H/D		Uso de óculos específico / Uso de protetor solar
Calor, NR – 15, anexo 03.	Fornos de fusão	4H/D	Sistema de Exaustão	
<b>Agentes Químicos</b>				
Poeiras – Particulados Metálicos, NR – 9, item 9.1.5.2.	FORNOS DE FUSÃO	4H/D	Sistema de Exaustão	Mascara respiratória
Fumos Metálicos, NR – 9, item 9.1.5.2.	FORNOS DE FUSÃO	4H/D	Sistema de Exaustão	Mascara respiratória
<b>Ergonômico</b>				
Postura de trabalho	Trabalho em pé/ Sentado	8h	-	-
	Atividade Repetitiva	8h	-	-
	Jornada prolongada	>8h	-	-
	Turnos ininterruptos	8h	-	-
<b>Riscos De Acidentes</b>				
Risco de queimadura	Derramamento de metal líquido (Forno/Panela)	-	Proteção Fixa; Móvel	Luvras/
Prensamento.	Máquinas e equipamentos	-	Proteção Fixa; Móvel	-
Queda de materiais, peças e etc.	Transporte de materiais	4H		óculos/capacete/sapato de segurança/ uniforme
Projeção de partículas.	Vazamento de metal	4H		Luvras/óculos/capacete/sapato de segurança/ uniforme
Incêndio	Derramamento de metal líquido (Forno/Panela); Curto circuito;	8H	Sistema de Combate a Incêndio	-
<b>OPERADOR DE FORNO/ FORNEIRO</b>	<b>Fonte geradora</b>	<b>Tempo exposição</b>	<b>Epc</b>	<b>Epi's</b>

<b>Agentes Físicos</b>				
Ruído, NR – 15, anexo 01 - Ruído, NHT 554/93 (escritórios).	MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	8H	Enclausuramento de máquina	Uso do Protetor auditivo
Radiações não ionizantes – NR – 15, anexo 07.	FORNOS DE FUSÃO	8H		Uso de óculos específico / Uso de protetor solar
Calor, NR – 15, anexo 03.	FORNOS DE FUSÃO	8H	Sistema de Exaustão	
<b>Agentes Químicos</b>				
Poeiras – Particulados Metálicos, NR – 9, item 9.1.5.2.	FORNOS DE FUSÃO	8H	Sistema de Exaustão	Mascara respiratória
Fumos Metálicos, NR – 9, item 9.1.5.2.	FORNOS DE FUSÃO	8H	Sistema de Exaustão	Mascara respiratória
<b>Ergonômico</b>				
Postura de trabalho	Trabalho em pé/ Sentado	8H	-	-
	Atividade Repetitiva	8H	-	-
	Jornada prolongada	>8h	-	-
	Turnos ininterruptos	8H	-	-
<b>Riscos De Acidentes</b>				
Risco de queimadura	Derramamento de metal líquido (Forno/Panela)	8H	Proteção Fixa; Móvel	Luvas/
Prensamento.	Máquinas e equipamentos	8H	Proteção Fixa; Móvel	-
Queda de materiais, peças e etc..	Transporte de materiais	8H		óculos/capacete/sapato de segurança/ uniforme
Projeção de partículas.	Vazamento de metal	8H		Luvas/óculos/capacete/sapato de segurança/ uniforme
Incêndio	Derramamento de metal líquido (Forno/Panela); Curto circuito;	8H	Sistema de Combate a Incêndio	-
<b>OPERADOR DE GRUA MAGNÉTICA</b>	<b>Fonte geradora</b>	<b>Tempo de exposição</b>	<b>EPC</b>	<b>EPI's</b>
<b>Agentes Físicos</b>				
Ruído, NR – 15, anexo 01 - Ruído, NHT 554/93 (escritórios).	MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	8H	Enclausuramento de máquina	Uso do Protetor auditivo

Radiações não ionizantes – NR – 15, anexo 07.	FORNOS DE FUSÃO	8H		Uso de óculos específico / Uso de protetor solar
Calor, NR – 15, anexo 03.	FORNOS DE FUSÃO	8H	Sistema de Exaustão	
<b>Agentes Químicos</b>				
Poeiras – Particulados Metálicos, NR – 9, item 9.1.5.2.	FORNOS DE FUSÃO	8H	Sistema de Exaustão	Mascara respiratória
Fumos Metálicos, NR – 9, item 9.1.5.2.	FORNOS DE FUSÃO	8H	Sistema de Exaustão	Mascara respiratória
<b>Ergonômico</b>				
Postura de trabalho	Trabalho em pé/ Sentado	8H	-	-
	Atividade Repetitiva	8H	-	-
	Jornada prolongada	>8h	-	-
	Turnos ininterruptos	8H	-	-
<b>Riscos De Acidentes</b>				
Risco de queimadura	Derramamento de metal líquido (Forno/Panela)	8H	Proteção Fixa;Móvel	Luvas/
Prensamento.	Máquinas e equipamentos	8H	Proteção Fixa;Móvel	-
Queda de materiais, peças e etc..	Transporte de materiais	8H		óculos/capacete/sapato de segurança/ uniforme
Projeção de partículas.	Vazamento de metal	8H		Luvas/óculos/capacete/sapato de segurança/ uniforme
Incêndio	Derramamento de metal líquido (Forno/Panela); Curto circuito;	8H	Sistema de Combate a Incêndio	-
<b>REFRATARISTA</b>		<b>Tempo de exposição</b>	<b>EPC</b>	<b>EPI's</b>
<b>Agentes Físicos</b>	<b>Fonte geradora</b>			
Ruído, NR – 15, anexo 01 - Ruído, NHT 554/93 (escritórios).	Máquinas e equipamentos	8H	Enclausuramento de máquina	Uso do Protetor auditivo
Radiações não ionizantes – NR – 15, anexo 07.	Fornos de fusão	8H		Uso de óculos específico / Uso de protetor solar
Calor, NR – 15, anexo 03.	Fornos de fusão	8H	Sistema de Exaustão	
<b>Agentes Químicos</b>				

Poeiras – Particulados Metálicos, NR – 9, item 9.1.5.2.	Fornos de fusão	8H	Sistema de Exaustão	Mascara respiratória
Fumos Metálicos, NR – 9, item 9.1.5.2.	Fornos de fusão	8H	Sistema de Exaustão	Mascara respiratória
<b>Ergonômico</b>				
Postura de trabalho	Trabalho em pé/ Sentado	8H	-	-
	Atividade Repetitiva	8H	-	-
	Jornada prolongada	>8h	-	-
	Turnos ininterruptos	8H	-	-
<b>Riscos De Acidentes</b>				
Risco de queimadura	Derramamento de metal líquido (Forno/Panela)	8H	Proteção Fixa; Móvel	Luvas/
Prensamento.	Máquinas e equipamentos	-	Proteção Fixa; Móvel	-
Queda de materiais, peças e etc..	Transporte de materiais	8H		óculos/capacete/sapato de segurança/ uniforme
Projeção de partículas.	Vazamento de metal	8H		Luvas/óculos/capacete/sapato de segurança/ uniforme
Incêndio	Derramamento de metal líquido (Forno/Panela); Curto circuito;	8H	Sistema de Combate a Incêndio	-
<b>OPERADOR DE EMPILHADEIRA</b>	<b>FONTE GERADORA</b>	<b>TEMPO DE EXPOSIÇÃO</b>	<b>EPC</b>	<b>EPI's</b>
<b>Agentes Físicos</b>				
Ruído, NR – 15, anexo 01 - Ruído, NHT 554/93 (escritórios).	MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	8H	Enclausuramento de máquina	Uso do Protetor auditivo
Radiações não ionizantes – NR – 15, anexo 07.	FORNOS DE FUSÃO	8H		Uso de óculos específico / Uso de protetor solar
Calor, NR – 15, anexo 03.	FORNOS DE FUSÃO	8H	Sistema de Exaustão	
<b>Agentes Químicos</b>				
Poeiras – Particulados Metálicos, NR – 9, item 9.1.5.2.	FORNOS DE FUSÃO	8H	Sistema de Exaustão	Mascara respiratória
Fumos Metálicos, NR – 9, item 9.1.5.2.	FORNOS DE FUSÃO	8H	Sistema de Exaustão	Mascara respiratória
<b>Ergonômico</b>				

Postura de trabalho	Trabalho em pé/ Sentado	8H	-	-
	Atividade Repetitiva	8H	-	-
	Jornada prolongada	>8h	-	-
	Turnos ininterruptos	8H	-	-
<b>Riscos De Acidentes</b>				
Risco de queimadura	Derramamento de metal líquido (Forno/Panela)	8H	Proteção Fixa; Móvel	Luvas/
Prensamento.	Máquinas e equipamentos	-	Proteção Fixa; Móvel	-
Queda de materiais, peças e etc..	Transporte de materiais	8H		óculos/capacete/sapato de segurança/ uniforme
Projeção de partículas.	Vazamento de metal	8H		Luvas/óculos/capacete/sapato de segurança/ uniforme
Incêndio	Derramamento de metal líquido (Forno/Panela); Curto circuito;	8H	Sistema de Combate a Incêndio	-

Fonte: Próprio Autor; SESMT da Organização.

Os principais riscos aos quais os trabalhadores do setor estão expostos, com base no quadro acima, dizem respeito a queimaduras, queda de materiais e objetos, projeção de fagulhas de metal, que podem atingir os olhos, fumos metálicos, calor, ruído e risco de incêndio.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 ADAPTAÇÃO DA FMEA

Foram necessárias adaptações na FMEA de processo para utilização na avaliação de risco voltada para a saúde e segurança ocupacional. Para executar esta adaptação, primeiramente buscou-se a familiarização de que o cliente da FMEA é o indivíduo ocupacionalmente exposto e, aliado a visão e o conhecimento do processo, buscou-se identificar primeiramente quais as funções de cada etapa do processo de fusão, com o intuito de estabelecer como é o funcionamento correto, para entender e estabelecer os modos de falha, como pode ser visto no apêndice A – FMEA de Saúde e Segurança Ocupacional, colunas 1, 2 e 3, respectivamente: função do processo, requisito (funcionamento correto) e modo de falha, que será abordado no item 5.4 na sequência.

Foram identificados os riscos existentes no processo de fusão de ferro, porém a intenção não era de esgotar todo o tema, mas sim evidenciar que a FMEA é capaz de identificar estes riscos, após isso, foram adaptados os critérios de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) tomando por base o manual de FMEA 4ª edição, por Interaction Plexus (2009), e valendo-se das informações sobre a produção, o número de trabalhadores total e do setor de fusão. O detalhamento destas adaptações será apresentado adiante com os critérios nos itens subsequentes.

#### 4.1.1 Critério de Severidade

Como o critério de severidade é relacionado ao efeito do modo da falha e este efeito é sobre o trabalhador, adotou-se uma escala de efeito baseada no tipo de acidente, variando entre desvio, acidente moderado, acidente grave e acidente fatal, aliado ao índice de severidade variando de 01 a 10, menos severo para mais severo, respectivamente. Como resultado obteve-se a tabela 02 – Severidade do Efeito da Falha.

Tabela 02 – Severidade do Efeito da Falha

TABELA DE SEVERIDADE DO EFEITO NO TRABALHADOR EXPOSTO		
EFEITO	CRITÉRIO DA SEVERIDADE	ÍNDICE DE SEVERIDADE
Acidente Fatal	A ocorrência da falha pode acarretar risco de morte sem aviso prévio em mais de uma pessoa do setor	10
	A ocorrência da falha pode acarretar risco de morte com aviso prévio em mais de uma pessoa do setor	9
Acidentes Graves	A ocorrência da falha pode acarretar lesão incapacitante permanente Total	8
	A ocorrência da falha pode acarretar lesão incapacitante permanente Parcial	7
	A ocorrência da falha pode acarretar lesão incapacitante temporária	6
Acidente Moderado	A ocorrência da falha pode acarretar acidente com lesão não incapacitante com afastamento entre 02 e 15 dias	5
	A ocorrência da falha pode acarretar acidente com lesão não incapacitante sem afastamento (01 dia)	4
Acidente Leve	A ocorrência da falha pode acarretar em pequenas lesões com retorno ao trabalho no mesmo dia	3
	A ocorrência da falha pode acarretar em danos materiais somente	2
Desvio	A ocorrência da falha não acarreta em lesão ou dano a propriedade	1

Fonte: Próprio Autor

#### 4.1.2 Critério De Ocorrência

Para que fosse possível estabelecer critérios de ocorrência, buscou-se manter o índice de 10 a 01 e a probabilidade de falha variando de muito alta a muito baixa, respectivamente, conforme o manual da FMEA 4ª ed. Interaction Plexus (2009).

Para o critério de ocorrência da causa, foi adaptada a variação percentual de 10,0000% a 0,0001%, assumindo que a incidência desta variação percentual sobre a média ponderada entre a produção anual de fundidos no setor de fusão, expressa em toneladas por ano (Ton/Ano), e o valor aproximado de horas-homem trabalhadas por ano (HHT/Ano), levando em consideração os 56 trabalhadores pertencentes ao setor, tendo como resultado o valor adimensional de 59.628, 169. Os resultados

destas considerações estão sintetizados na tabela 03 – Probabilidade de Ocorrência – e tabela 04 – Correspondência do Percentual de Ocorrência.

Tabela 03 – Probabilidade de Ocorrência

TABELA DE PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DA CAUSA DA FALHA		
PROBABILIDADE DA FALHA	CRITÉRIO DE OCORRÊNCIA % x Média Ponderada de produção e HHT $((\text{Produção} \times \text{HHT}) / (\text{Produção} + \text{HHT})) = 59.628$	ÍNDICE DE OCORRÊNCIA
Muito Alta	$\geq 01$ em 10 ou $\geq 01$ em (10%)	10
Alta	01 em (11 - 20) ou (5% a 9,9%)	9
	01 em (21 - 50) ou (2% a 4,9%)	8
	01 em (51 - 100) ou (1% a 1,9%)	7
Média	01 em (101 - 500) ou (0,2% a 0,99%)	6
	01 em (501 - 2.000) ou (0,05% a 0,199%)	5
	01 em (2001 - 10.000) ou (0,01% a 0,049%)	4
Baixa	01 em (10001 - 100.000) ou (0,0010% a 0,0099%)	3
	01 em (100.001 a 1.000.000) ou (0,0001% a 0,0009%)	2
Muito Baixa	(Falhas totalmente elimináveis com controle preventivo)	1

Fonte: Próprio Autor

Tabela 04 – Correspondência Do Percentual De Ocorrência

TABELA DE RELAÇÃO PERCENTUAL DA OCORRÊNCIA	
10,0000%	5.962,817
5,0000%	2.981,408
2,0000%	1.192,563
1,0000%	596,282
0,2000%	119,256
0,0500%	29,814
0,0100%	5,963
0,0010%	0,596
0,0001%	0,060

Fonte: Autoria Própria,

Cabe dizer que estes valores admitidos para a probabilidade de ocorrência foram assim dimensionados por não haver dados estatísticos disponíveis na organização. Optou-se em adotar a média ponderada entre a produção e a quantidade de horas trabalhadas por ano, multiplicado relacionado a um fator percentual arbitrado porque este valor é indicativo do ritmo de trabalho do setor. Na medida em que a produção anual aumentar, os valores também aumentarão e da mesma forma para a quantidade de horas trabalhadas.

#### 4.1.3 Critério De Detecção

O critério de detecção é em relação ao meio de detecção existente para o reconhecimento da falha ou da causa da falha, para isso, adotou-se uma escala de oportunidade variando de quase impossível para quase certa, atribuindo índice de probabilidade entre os valores de 01 a 10, sendo quase certo e quase impossível, conforme tabela 05 – Probabilidade de Detecção.

Tabela 05 – Probabilidade de Detecção

TABELA DE PROBABILIDADE DE DETECÇÃO DOS CONTROLES EXISTENTES		
OPORTUNIDADE	MEIO OU CRITÉRIO DE DETECÇÃO	PROBABILIDADE
Quase Impossível	Não existe controle estabelecido ou não foram analisados	10
Muito Remota	Os Riscos/Modos de Falha NÃO são detectáveis antes de ocorrerem os efeitos	9
Remota	Os Riscos/Modos de Falha NÃO são facilmente detectáveis por qualquer meio de medição	8
Muito Baixa	Processo de Inspeção é feito pelo operador sem a utilização de meios de medição ou procedimento padrão	7
Baixa	Processo de Inspeção é feito pelo operador com a utilização de meios de medição ou procedimento padrão	6
Moderada	Detecção por meio de auditorias / vistorias realizadas pelo SESMT com ou sem agendamento/aviso prévio	5
Moderadamente Alta	Detecção com inspeção através de <i>Check List</i> específico ou facilmente detectável pelo colaborador	4
Alta	Detecção Instantânea após medição com instrumento de medição / monitoramento	3
Muito Alta	Detecção instantânea por meio de controles automáticos de monitoramento / medição	2
Quase Certa	Detecção <i>on line</i> /contínua por meio de controles automáticos de monitoramento / medição	1

Fonte: Adaptado Interaction – Plexus (2009)

Quanto ao Critério de detecção, as variantes utilizadas foram com base na capacidade humana, utilizando ou não de meios ou equipamentos de controle existentes ou ainda procedimentos estabelecidos até a detecção automática com monitoramento *on line*.

## 4.2 A FMEA DO SETOR DE FUSÃO

Após realizar os levantamentos dos riscos no setor de fusão, estabelecer as etapas do processo e seu funcionamento correto, identificar os modos de falha e definir os critérios de severidade, ocorrência e detecção, foi elaborada a FMEA de Saúde e Segurança Ocupacional - Apêndice A – FMEA de Saúde e Segurança Ocupacional, onde foram detectadas vinte e quatro modos de falha, sendo que o maior valor encontrado para o número de provável de risco – NPR foi de 324 pontos, com SOD de 966. O menor NPR encontrado foi de 63 pontos, com SOD de 733.

### 4.2.1 Priorização das Ações

Para a priorização das ações, os riscos encontrados foram classificados em função do número provável de risco – NPR – em ordem decrescente, ou seja, do maior para o menor, e em seguida, foram novamente classificados em função dos valores de SOD também em ordem decrescente, utilizado como forma de desempate em caso de NPR iguais.

Foram também sugeridas algumas ações, levando consideração a diminuição, respectivamente, da severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D)

### 4.2.2 Recomendações gerais

Foi possível cumprir o que foi proposto inicialmente no objetivo deste trabalho e no desdobramento da metodologia. O resultado alcançado é a FMEA de Saúde e Segurança para o setor de Fusão, que identificou vinte e quatro situações analisadas.

Para chegar a esta FMEA, foi necessário reconhecer os riscos no local estudado através de visitas, constatando a presença de riscos físicos, químicos, ergonômicos e de acidentes, onde foi possível ainda estabelecer um fluxo macro do processo, identificando a área de fusão com setor chave, visto que dele depende o restante dos setores, desenhando então um fluxo detalhado para o processo de fusão.

Foi possível identificar detalhadamente o processo de fusão, de maneira que os modos de falha foram identificados com clareza. Os efeitos dos modos de falha encontrados podem acarretar, na pior das situações em explosão e incêndio, podendo acarretar na morte de mais de um trabalhador simultaneamente.

Foram adaptados os critérios da FMEA, fundamentados nas informações sobre a produção, número de funcionários e horas trabalhadas, concedidas pela organização. Nesta etapa, procurou-se manter um padrão de índice variando de 01 a 10 para os três critérios – Severidade, Ocorrência e Detecção. Foram sugeridas algumas ações para diminuição dos índices de encontrados.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo realizado buscou adaptar a FMEA de processo para avaliação de risco voltado à Saúde e Segurança Ocupacional. Nesta perspectiva o setor de fusão da empresa ABC Fundidos foi escolhido para ser avaliado por esta ferramenta.

A adaptação desta sistemática de avaliação e seus critérios para a finalidade ocupacional demonstrou ser eficaz, e ainda, por ter caráter multidisciplinar, pode ajudar na disseminação da cultura de segurança, considerando que, se implementada na concepção ou rearranjo de um processo produtivo pode trazer muitos benefícios, como diminuição de custos com adequação de equipamentos.

A FMEA de Saúde e Segurança apresentou-se como uma maneira eficaz de avaliar e registrar os riscos de uma organização, facilitando a gestão e o reconhecimento da parte do processo que está gerando a situação de risco.

Assim sendo, a Análise de Modos e Efeitos de Falha pode contribuir de maneira significativa para suportar programas de gestão de risco voltados a saúde e segurança do trabalhador, fornecendo informações detalhadas do processo e indicando as áreas prioritárias para atuação.

## REFERENCIAS

OIT - Diretrizes sobre Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho. São Paulo: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, 2005.

ANDRADE Mônica Regina Souza e TURRIONI João Batista, Uma metodologia de análise dos aspectos e impactos ambientais através da utilização da FMEA. v.25, nº.2, 2001.

ARAÚJO, Geraldino Carneiro de; MENDONÇA, Paulo Sergio Miranda; RAM – Revista de Administração Mackenzie, **A análise do processo de implantação das normas de sustentabilidade empresarial: um estudo de caso em uma agroindústria frigorífica de bovinos.** São Paulo, V. 10, N. 2 MAR./ABR. 2009 • ISSN 1678-6971.

ARAUJO, Renata Pereira de; **Avaliação da Sustentabilidade Organizacional de uma Empresa do Setor Petrolífero: Ferramenta para Tomada de Decisão.** Itajaí: Dissertação Apresentada à Universidade do Vale do Itajaí para obtenção de Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, UNIVALI, 2006.

BARBIERI José Carlos, Gestão Ambiental Empresarial – conceitos, modelos e instrumentos, 2ª edição, São Paulo, editora Saraiva, 2007.

BARBIERI José Carlos, VASCONCELOS Isabella Freitas Gouveia de, ANDREASSI Tales e VASCONCELOS Flávio Carvalho de, RAE - Revista Eletrônica de

Administração. **Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições**, São Paulo • v. 50 • n.º. 2 • abr./jun. 2010, 146-154.

CAMPANI, Darci Barnech; COIMBRA, Núbia dos Santos; FERNANDES, Thiago Gonçalves; BIRNFELD, Eduardo Fontoura; **Implementação do sistema de gestão ambiental no prédio da engenharia mecânica – UFRGS**, XXX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006, Ponta de Leste, Uruguay, 26 à 30 de novembro de 2006.

CAPONI, Antonio Claret; **Proposta de método para identificação de perigos e para avaliação e controle de riscos na construção de edificações**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas - SP: UNICAMP, 173 p., 2004.

CARDELLA, Benedito. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística: segurança integrada à missão organizacional com produtividade e qualidade**. São Paulo: Atlas, 1999. 254 p.

FERNANDES José Márcio Ramos, **Proposição de abordagem integrada de métodos da qualidade baseada no FMEA**, Paraná, 2005, PUC – Pontifícia Universitária Católica.

FUNDACENTRO. Introdução à Higiene Ocupacional. Projeto de Difusão de Informações em Higiene Ocupacional da Coordenação de Higiene do Trabalho. São Paulo. 2004. 84 p.

**InterAction Plexus** - Apostila FMEA - Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial, 4ºEd. 2009.

JABBOUR Charbel José Chiappetta e SANTOS Fernando César Almada, Revista Gestão & Produção. **Evolução da gestão ambiental na empresa: uma taxonomia integrada à gestão da produção e de recursos humanos**, São Paulo, v.13, nº3, p 345 á 448, set à dez.2006.

LAPA, R. P. Segurança Integrada à Gestão do Negócio. Brasilminingsite, Belo Horizonte, fev. 2001.

MACIEL, Jorge Luís de Lima. **Proposta de um modelo de integração da gestão da segurança e da saúde ocupacional à gestão da qualidade total**. Florianópolis, 2001. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.

MASCHIO, Adriana. **Gerenciamento de Risco e Segurança: Aplicabilidade e Importância para o Sucesso de Projetos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de pós-graduação em Engenharia de produção. Porto Alegre: UFRGS, 141 p., 2007.

LIMA, Débora Arruda Queiroz. **Evolução histórica do trabalho da criança. Jus Navigandi**, Teresina, ano 13, n. 1708, 5 mar. 2008. Disponível em: <<http://jus.com.br/revista/texto/11021>>. Acesso em: 23 de maio de 2013.

MARTINS Manoel Fernando e ZAMBRANO Tatiane Fernandes, **Utilização da metodologia FMEA para a análise dos impactos ambientais em uma empresa**

**do ramo de usinagem.** XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção – 2003, Ouro Preto - MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

NOGUEIRA Amanda Cássia, PERES Alexandre de Paula e CARVALHO Ellen Moraes, Revista Produção Online, **Avaliação do risco ambiental utilizando FMEA em um laticínio na Região de Lavras – MG**, Região de Lavras, Minas Gerais, 2011, v.11, n.º1, mar. 2011, ISSN: 1676 – 1901.

OLIVEIRA, Otávio José de; SERRA, José Roberto; Revista Produção, **Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14001 em empresas industriais de São Paulo**, São Paulo, v. 20, n. 3, jul./set. 2010, p. 429-438 doi: 10.1590/S0103-65132010005000013.

PALADY, P. **FMEA: Análises dos Modos de Falhas e Efeitos**; São Paulo, IMAM, 1997.

POMBO Felipe Ramalho e MAGRINI Alessandra - Revista Gestão & Produção, **Panorama de aplicação da norma ISO 14001 no Brasil** - São Carlos, v. 15, n. 1, p. 1-10, jan.-abr. 2008.

REIS, Hélio Gervásio dos. **Exigências de análise de risco de acidentes, para fins de licenciamento em instalações que manipulam substâncias perigosas, e proposição de abordagem para atendimento.** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química. Campinas – SP. UNICAMP, 165 p., 2006.

RIBEIRO Ricardo Augusto Cruz, **Desenvolvimento de novos materiais cerâmicos a partir de Resíduos industriais metal – mecânicos**, Curitiba, 2008, Universidade Federal do Paraná –UFPR, Setor Tecnologia.

SAKURADA, Eduardo Yuji, **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na Avaliação de produtos**. 2001. 124 f. Dissertação de Mestrado – Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico, NEDIP – Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis.

RIBEIRO Wagner Costa, **A ordem ambiental internacional**, São Paulo, 2001, editora Contexto, p.53.

SEIFFERT, Maria Elizabete Bernardini, **ISO 14001 Sistemas de Gestão Ambiental: implantação objetiva e econômica**, 2ª ed, São Paulo, Atlas, 2006.

SEIFFERT, Maria Elizabete Bernardini, **Modelo de Implantação de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA-ISO14001) segundo a abordagem da Engenharia de Sistemas**. Florianópolis, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA Carlos Eduardo Sanches da, TIN Jorge Vitor, OLIVEIRA Vanderlei C. de, **Uma Análise da Aplicação da FMEA nas Normas de: Sistema de Gestão pela Qualidade (ISO9000 e QS9000), Sistema de Gestão Ambiental (ISO14000) e Sistema de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho (BS8800 - futura**

**ISO18000**), São Paulo, 1997, Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI / Departamento de Produção.

SOUZA, F. M. N.; SILVA, C. E.; AGUIAR, L. A.; ALMEIDA, J. R.. **Análise de riscos como instrumento para sistemas de gestão ambiental**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.3, n.1, p.17-41, 2012.

SOUZA Luiz Ricardo, QUINTELLA Rogério Hermida e ALPERSTEDT Graziela Dias, RAE - Revista Eletrônica de Administração. **Estratégias de gestão ambiental e seus fatores determinantes: uma análise institucional**, São Paulo • v. 50, n. 2, abr./jun. 2010, 170-186.

VANDENBRANDE, W. W. How to use FMEA to reduce the size of your quality toolbox; Quality Progress. v.31, n.11, 1998, p. 97-100.

VALLE, Cyro Eyer do. **Qualidade Ambiental: ISO 14000**, São Paulo, Senac, 2004.

VIEIRA Erlon Celso de Souza, **FMEA – análise de modo e efeitos de falha e orientações estratégicas**, São Paulo, 2008, Universidade São Carlos.

VILELA Júnior Alcir e DEMAJOROVIC Jacques, **Modelos e ferramentas de Gestão Ambiental – Desafios e perspectivas para as organizações**, São Paulo, 2006, editora Senac.

Sites:

O Globo: disponível em: <<http://oglobo.globo.com/economia/numero-de-acoes-trabalhistas-na-justica-em-2012-chegou-22-milhoes-uma-alta-de-518108581#ixzz2Si85C0yM>> acesso em 18 de Maio de 2013.

Brasil.gov.br (<http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/trabalho-carreira/evolucao-das-relacoes-trabalhistas>)

<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>  
acesso em 23 de Maio de 2013.