



UFSM

Monografia de Especialização

**DISPOSITIVOS E SISTEMAS ELÉTRICOS DE
SEGURANÇA PARA MÁQUINAS E
EQUIPAMENTOS**

José Abilio Lima de Freitas

DPS

Santa Maria, RS, Brasil

2004

**DISPOSITIVOS E SISTEMAS ELÉTRICOS DE
SEGURANÇA PARA MÁQUINAS E
EQUIPAMENTOS**

por

José Abilio Lima de Freitas

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.**

DPS

Santa Maria, RS, Brasil

2004

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Monografia de Especialização

**DISPOSITIVOS E SISTEMAS ELÉTRICOS DE
SEGURANÇA PARA MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**

elaborada por

José Abílio Lima de Freitas

como requisito parcial para obtenção do grau de
Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. João Helvio Righi de Oliveira, Dr.
(Presidente/Orientador)

Prof. Néverton Hofstadler Peixoto, Dr.

Eng. Lazaro Ben Hur Pires Schiar, M. Sc.

Santa Maria , 02 de Outubro de 2004

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Telmo e Vera, a quem eu amo muito, que sem o seu apoio permanente e incondicional jamais eu conseguiria ter chegado neste estágio da minha formação como profissional e como homem; à minha esposa Lizane, mulher forte, decidida e guerreira, amor da minha vida, que sempre me deu sustentação e suporte no decorrer desta jornada, e às minhas queridas filhas, Mariana e Marcella, as razões da minha existência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os meus colegas de curso, que tornaram esta caminhada agradável e proveitosa, no meio da qual, reforcei a minha certeza de que jamais alcançaremos o sucesso sem o trabalho em grupo, coletivo e sinérgico;

Ao Lazaro Schiar , servidor sempre presente em todos os momentos, mostrando-se prestativo e nunca negando seu apoio a mim e aos meus colegas;

Ao professor Néverton Peixoto, pela sua atenção e avaliação crítica a este trabalho.

À Silvana Miolo, que apesar de suas inúmeras atividades, auxiliou na redação deste trabalho de forma gratuita e prestativa.

À professora Janis Ruppenthal, líder fundamental para o sucesso deste projeto, presente, amiga e motivadora;

Ao professor João Hélvio Righi de Oliveira, que aceitou me orientar neste trabalho, colaborando de forma direta e decisiva para o meu desenvolvimento profissional.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
LISTAS DE QUADROS.....	xi
LISTAS DE FIGURAS.....	xii
Capítulo 1 - Introdução	1
1.1 Tema	2
1.2 Delimitação do Tema	2
1.3 A Construção do Problema	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo geral.....	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.5 Justificativa	4
1.6 Metodologia	7
1.6.1 Definições sobre o tipo de pesquisa.....	8
1.6.1.1 Quanto à natureza.....	8
1.6.1.2 Quanto à forma de abordagem	8
1.6.1.3 Quanto a seus objetivos.....	9
1.6.1.4 Quanto aos procedimentos técnicos.....	9
1.6.1.5 O planejamento da pesquisa.....	9
1.6.1.6 Definições sobre o Método	10
1.7 Estrutura do Trabalho.....	10
Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica	12
2.1 Acidentes de Trabalho	12
2.1.1 Impactos dos acidentes de trabalho:.....	14
2.1.1.1 Econômicos	14
2.1.1.2 Jurídicos	14
2.1.1.3 Social.....	15

2.1.1.4	Aspectos Legais	15
2.1.2	Considerações Sobre os Acidentes de Trabalho	15
2.2	Condições Físicas de Máquinas e Equipamentos	17
2.2.1	Movimentos Rotativos	17
2.2.2	Movimentos Retilíneos Recíprocos	18
2.2.3	Outros tipos de Movimentos	18
2.3	Teste de Riscos.....	19
2.3.1	Análise de Riscos	19
2.3.2	Avaliação e Redução de Risco.....	22
2.4	Princípios de Segurança	23
2.4.1	Medidas de proteção	23
2.4.1.1	Proteções de Fechamento Fixas	24
2.4.1.2	Proteções Móveis com Chaves de Intertravamento	24
2.4.1.3	Controles bi-manual.....	25
2.4.1.4	Cortinas de luz fotoelétricas.....	26
2.4.1.5	Tapetes de segurança sensíveis à pressão	26
2.4.1.6	Bordas sensíveis à pressão	27
2.4.2	Paradas de emergência	27
2.4.2.1	Dispositivo de proteção por cabos	28
2.4.2.2	Dispositivo de disparo telescópico.....	28
2.5	Escolha da Medida de Proteção	29
2.6	Sistemas de Controle Relacionados à Segurança (SRCR's)	31
2.7	Unidades de Relé de Segurança e Monitoração de Circuitos.....	38
2.8	Sistemas Eletrônicos Programáveis.....	42
Capítulo 3 – Análise de Dispositivos e Sistemas de Segurança para Máquinas e Equipamentos		46
3.1	Dispositivos e Princípios de Intertravamento.....	46
3.2	Confiabilidade	47
3.3	Análise dos Circuitos Propostos.....	47

3.3.1	Intertravamento da porta de proteção e parada de emergência - canal simples - não monitorado - básico	49
3.3.2	Intertravamento da porta de proteção e parada de emergência - canal simples - não monitorado.....	50
3.3.3	Intertravamento da porta de proteção e parada de emergência - canal duplo - monitoração de uma única falha com - auto reset.....	52
3.3.4	Três intertravamentos de porta de proteção e parada de emergência - canal duplo (I xNA + I xNF) - monitoração de uma única falha.....	53
3.3.5	Chave de travamento de solenóide com sistema de atraso temporizado.....	55
3.3.6	Chave de travamento por solenóide e chave de parada de emergência com monitoração de falha única.....	57
3.3.7	Chave de travamento por solenóide e chave de parada de emergência com sistema de detecção de parada de movimento	59
3.3.8	Chave de travamento por solenóide utilizado com CLP.....	61
Capítulo 4 – Considerações Finais.....		64
4.1	Conclusões.....	64
4.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	65
BIBLIOGRAFIA.....		66

RESUMO

Monografia de Especialização

Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DISPOSITIVOS E SISTEMAS ELÉTRICOS DE SEGURANÇA PARA MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

Autor: José Abilio Lima de Freitas

Orientador: Prof. João Helvio Righi de Oliveira, Dr

Esta monografia fornece subsídios para os profissionais envolvidos com a segurança do trabalhador no setor industrial através de um estudo sobre análise dos riscos à integridade do trabalhador, gerados pela operação de máquinas e equipamentos. Esta análise de riscos, combinada com o tipo de proteção necessária para a redução do mesmo, fornece recursos para a escolha do tipo de dispositivo ou circuito elétrico necessário para o isolamento da área perigosa. O trabalho culmina na análise do nível de confiabilidade de vários tipos de circuitos elétricos utilizados no mercado atualmente, desde circuitos simples de intertravamento elétrico até circuitos complexos que utilizam Controladores Lógicos Programáveis.

Palavras Chaves: Riscos, funcionamento e confiabilidade dos sistemas elétricos.

ABSTRACT

Monografia de Especialização

Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DISPOSITIVOS E SISTEMAS ELÉTRICOS DE SEGURANÇA PARA MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

Autor: José Abilio Lima de Freitas

Orientador: Prof. João Helvio Righi de Oliveira, Dr

This monograph supplies subsidies for professionals involved with the worker security in the industrial sector, through a study about the analysis of the risks to the integrity of the worker, generated by the machines and equipments operation. This analysis of risks, combined with the type of necessary protection for your reduction, supplies resources to choose the device type or necessary electric circuit for the isolation from the dangerous area. The work culminates in the analysis of the reliability level of several electric circuits used in the market, since simple electric interlocking circuits until complex circuits that use Programmable Logical Controllers.

Words Keys: Risks, functioning and reliability of the electric systems

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 - Frequência de Exposição ao Perigo	20
Quadro 2 - Matriz Frequência de Ocorrência	20
Quadro 3 - Matriz Severidade do Dano Potencial	21
Quadro 4 - Matriz Fatores Adicionais.....	21
Quadro 5 - Matriz Grau de Riscos	21
Quadro 6 - Resumo de Categorias	31

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de Intertravamento Simples	33
Figura 2 - Intertravamento com Relé de Segurança e Monitoração.....	35
Figura 3 - Sistema de Segurança por Cortina de Luz.....	37
Figura 4 - Sistema de Intertravamento – Categoria 1	38
Figura 5 - Sistema de Intertravamento – Categoria 1 com dois Contatores.....	39
Figura 6 - Sistema de Intertravamento – Categoria 2	40
Figura 7 - Sistema de Intertravamento – Categoria 3	41
Figura 8 - Sistema de Intertravamento – Utilizando CLP com Atraso de Tempo	44
Figura 9 - Sistema de Intertravamento – Utilizando CLP.....	45
Figura 10 - Intertravamento de Porta de Proteção e Parada de Emergência – Não Monitorado - Básico.....	49
Figura 11 - Intertravamento da Porta de Proteção e Parada de Emergência – Não Monitorado.....	51
Figura 12 - Intertravamento da Porta de Proteção e Parada de Emergência – Monitoração de Uma Única Falha com Auto-Reset	53
Figura 13 - Três Intertravamentos de Porta de Proteção e Parada de Emergência – Monitoração de Uma Única Falha	54
Figura 14 - Chave de Travamento de Solenóide com Sistema de Atraso Temporizado	56
Figura 15 - Chave de Travamento por Solenóide e Chave de Parada de Emergência com Monitoração de falha Única.....	58
Figura 16 - Chave de Intertravamento por Solenóide e Chave de Parada de Emergência com Sistema de Detecção de Parada de Movimento	60
Figura 17 - Chave de Travamento por Solenóide Utilizando um CLP	62

INTRODUÇÃO

As máquinas e equipamentos industriais têm sido a causa de um crescente número de acidentes de trabalho que lesam a integridade do trabalhador, além de causarem um enorme prejuízo às empresas e ao estado.

Mas como diminuir o risco de acidentes com máquinas e equipamentos na indústria? Como mudar este quadro que vem se arrastando desde o final do século retrasado?

Este questionamento acompanha continuamente os profissionais envolvidos na prevenção de acidentes, bem como tem sido fonte de inúmeros trabalhos realizados a partir da metade do século passado.

A realização deste trabalho é uma forma de colaborar com esta luta, analisando as dimensões dos riscos existentes na operação de máquinas e equipamentos industriais e, em função deles, fornecer subsídios para sua diminuição através da utilização de dispositivos elétricos de segurança que isolem a área de risco, principalmente através de intertravamentos elétricos.

1.1 Tema

Análise da utilização de dispositivos e sistemas elétricos de segurança na extinção ou diminuição de riscos na operação de máquinas e equipamentos.

1.2 Delimitação do Tema

Serão analisados dispositivos e sistemas elétricos de segurança utilizados em automação no setor industrial, aplicados em máquinas e equipamentos novos e principalmente usados, mais especificamente no controle de acesso a ambientes ou espaços onde existam grau de risco elevado em função da operação destas máquinas ou equipamentos industriais.

1.3 A Construção do Problema

A partir de 1993 ocorrerem significativas mudanças no mundo industrial com relação à segurança de máquinas e equipamentos, mais especificamente no cenário europeu, com a criação da Legislação de Segurança na Operação de Máquinas e Equipamentos. No Brasil, a legislação ainda é branda, mas também caminha para um maior rigor, sinalizado por acordos coletivos não governamentais como o da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, FIESP, com os Sindicatos Patronais e de Trabalhadores do Estado de São Paulo.

Com esta mudança, está crescendo a utilização de dispositivos e circuitos elétricos para a redução de riscos com operação de máquinas e equipamentos.

Mas até que ponto pode-se confiar nestes dispositivos? Qual seu índice de segurança? Como dimensioná-los em função das características e necessidades de cada ambiente? Como podemos avaliar os riscos existentes em um ambiente industrial?

Estas questões serão analisadas e respondidas no decorrer do desenvolvimento dos capítulos deste trabalho.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Fornecer subsídios que auxiliem na criação de ambientes industriais seguros para a operação de máquinas e equipamentos, considerando as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho, mais especificamente a NR-12, e as normas técnicas nacionais e internacionais através de mecanismos de controle das máquinas operatrizes, utilizando processos de automação industrial através de dispositivos e sistemas elétricos de segurança.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analisar mecanismos para o estudo dos riscos oriundos do

ambiente e da operação de máquinas industriais;

- Enquadrar, em categorias, a exigência da confiabilidade da proteção requerida;
- Analisar sistemas de segurança através de processos de automação industrial.

1.5 Justificativa

A abertura do mercado mundial a partir de 1992 acelerou a modernização no parque industrial brasileiro, paralelo a processos de qualidade e de segurança no trabalho. Como reflexo deste processo, houve um aquecimento no mercado de máquinas usadas, descartadas pela indústria formal, em favor de outras com maior produtividade.

Como o comércio não está comprometido com processos de prevenção de acidentes na indústria, e não há meios legais para o controle da realocação destas máquinas, o problema saiu do ambiente industrial, que tinha recursos e praticava sistemas preventivos, para um ambiente mais pobre, quando não informal, não acostumado com práticas prevencionistas e, pior que isso, muitas vezes, utilizando máquinas obsoletas e perigosas.

Voltando a questão do avanço tecnológico nas grandes indústrias, que trouxe a automação dos processos industriais constituídos por máquinas modernas, têm-se também, problemas, por apresentar um grau de severidade do dano potencial bastante grande. Em sistemas automatizados, existem acidentes com menor frequência e maior gravidade, afirma ARAÚJO (1989).

No contexto do problema dos acidentes de trabalho no Brasil, chama a atenção os acidentes graves e incapacitantes causados por máquinas e equipamentos. Sobre a importância do tema, alguns aspectos vêm sendo observados, os quais sugerem a possibilidade/necessidade de intervenção para a redução do problema.

A análise dos acidentes de trabalho registrados no Ministério do Trabalho e Emprego, por motivo ou natureza da lesão (como organiza a Classificação Internacional de Doenças - CID), permite identificar os 30 códigos mais frequentes, no que se refere aos acidentes registrados em 1997. Assim, chama a atenção que, da amostra de 72.489 acidentes que foram codificados, 27.371 (37,8%) referiam-se a acidentes traumáticos envolvendo as mãos dos trabalhadores segurados, tais como ferimentos dos dedos da mão (5.754 acidentes registrados e codificados); fratura dos dedos das mãos (5.252); feridas dos dedos das mãos e complicações (3.776), amputação traumática da mão (3.045); fratura aberta da mão (1.905); fratura de punho fechada (1.775); contusão da mão e punho (1.118); feridas das mãos e tendões (1.079); contusão dos dedos e mãos (905); amputação traumática dos dedos das mãos (794), e assim por diante.

Não foram incluídos aqui os acidentes que produziram ferimentos e, às vezes, amputações de antebraços e braços. Das 30 lesões mais frequentes, no mínimo 12 são lesões traumáticas agudas de mão ou punho. Não foram incluídas as lesões inflamatórias ou crônicas, do tipo Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho – DORT, ou Lesões por Esforços Repetitivos - LER, que se destacaram em primeiro lugar nessa estatística.

Na casuística do Dr. Arlindo Pardini Júnior e seus colegas cirurgiões de mão, de Belo Horizonte, a maioria dos acidentados é do sexo masculino, entre 20 e 45 anos de idade (...). Os equipamentos mecânicos são os principais agentes causadores..... Dos 1.000 casos analisados, 55,1% das lesões evoluíram para seqüelas, sendo a mão dominante a mais atingida. Para eles, conclui-se que as lesões traumáticas da mão constituem problema de grande impacto social e econômico para a empresa, instituições previdenciárias e principalmente para o paciente (PARDINI Jr., TAVARES & FONSECA NETO, 1990).

Trabalhando em Caxias do Sul (RS), Dr. João Fernando dos Santos Mello e colaboradores analisaram e publicaram sua extensa casuística de 11.307 traumatismos de mão causados por acidentes de trabalho. Destacaram, também, o predomínio de trabalhadores masculinos jovens e a alta incidência de seqüelas graves e incapacitantes. Naquele município e região, a procedência predominante foi da indústria metalúrgica (MELLO et al., 1993).

Dr. Ubiratan de Paula Santos e seus colaboradores, responsáveis pelo desenvolvimento e implementação do sistema de vigilância epidemiológica para acidentes de trabalho graves, na Zona Norte do Município de São Paulo, observaram, também, que as mãos e os dedos foram a parte do corpo mais atingida nos acidentes de trabalho, responsáveis por 31,5% de todos acidentes analisados. Cerca de 16% dos acidentes registrados foram considerados graves, com alta incidência de contusões e fraturas (SANTOS et al., 1990).

A problemática dos riscos relativos à utilização de máquinas, tanto novas como usadas, combinada com o avanço tecnológico da indústria nacional ocorrida pela abertura do mercado, permitiu a evolução de dispositivos e sistemas elétricos e da automação industrial, possibilitando novas formas de proteções aos trabalhadores através de conceitos que os mesmos imaginavam ser completamente maléficos e que lhes trariam problemas de desemprego crônico: a automação industrial.

Este estudo fornecerá subsídios para profissionais relacionados à segurança do trabalho na área de proteção dos trabalhadores em ambientes industriais, através da melhora das condições físicas e/ou ambiente de trabalho de máquinas e equipamentos.

1.6 Metodologia

O conhecimento e o conhecer não existem no meio do vazio intelectual ou prático, pois é para buscar respostas, que o homem os busca incessantemente.

Esta busca de respostas envolve um processo de investigação científica sistemática e coerente, embasada em uma metodologia bem clara e definida.

Neste sentido, a pesquisa é o esforço requerido para a aquisição do conhecimento, o qual produz o esclarecimento de problemas teóricos, práticos e/ou operativos.

Pesquisa Científica é a exploração, é a inquisição, é o procedimento sistemático e intensivo, que tem como objetivo

descobrir e interpretar fatos que estão inseridos dentro de uma determinada realidade. É o produto de uma investigação, cujo objetivo é resolver problemas e solucionar dúvidas mediante a utilização de procedimentos científicos.

Neste item, será apresentada a metodologia desta pesquisa, abordando os aspectos do conhecimento, da pesquisa científica e dos procedimentos científicos adotados.

1.6.1 Definições sobre o tipo de pesquisa

1.6.1.1 Quanto à natureza

Do ponto de vista da natureza, será realizada uma pesquisa **Aplicada**, a qual objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução dos problemas específicos. Envolve verdades e interesses específicos.

1.6.1.2 Quanto à forma de abordagem

Do ponto de vista da forma de abordagem, a pesquisa será **Qualitativa**, considerando que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito. Sendo básicos neste processo a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados. Não será necessária a utilização de métodos e técnicas estatísticas, sendo este autor o

instrumento chave da pesquisa, de forma que o processo e seu significado são os focos principais da abordagem.

1.6.1.3 Quanto a seus objetivos

Quanto aos objetivos a pesquisa será **Exploratória**, visando proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito e construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico e a análise de exemplos que estimulem a compreensão, assumindo assim a forma de Pesquisa Bibliográfica.

1.6.1.4 Quanto aos procedimentos técnicos

Será realizada uma **Pesquisa Bibliográfica**, elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e junto a material disponibilizado na Internet.

1.6.1.5 O planejamento da pesquisa

A pesquisa será realizada em três momentos distintos:

Fase Decisória: Construída no momento da escolha do tema a ser trabalhado, da definição e delimitação do problema da pesquisa, apresentada no Capítulo 1;

Fase Construtiva: Referente à construção da pesquisa propriamente dita, conforme Capítulo 2.

Fase Redacional: Onde será realizada a análise dos dados e informações obtidas na fase construtiva. Neste estágio serão organizadas as idéias de forma sistematizada visando à elaboração de uma conclusão.

1.6.1.6 Definições sobre o Método

“Método científico é o conjunto de processos ou operações mentais que se devem empregar na investigação. É a linha de raciocínio adotada no processo de pesquisa. Os métodos que fornecem as bases lógicas à investigação são: dedutivo, indutivo, hipotético-dedutivo, dialético e fenomenológico” (GIL, 1999).

Será utilizada, nesta pesquisa, o método **HIPOTÉTICO-DEDUTIVO** proposto por Popper, consistindo na adoção da seguinte linha de raciocínio: “quando os conhecimentos disponíveis sobre determinado assunto são insuficientes para a explicação de um fenômeno, surge o problema. Para tentar explicar a dificuldades expressas no problema, são formuladas conjecturas ou hipóteses.

Das hipóteses formuladas, deduzem-se conseqüências que deverão ser testadas as conseqüências deduzidas das hipóteses.

1.7 Estrutura do Trabalho

O Capítulo 1, além da presente introdução, ficou definido o tema, com sua delimitação, a análise do problema, o objetivo geral e

específicos, bem como a metodologia empregada para a construção deste trabalho.

No Capítulo 2, realizou-se uma Revisão Bibliográfica necessária para a compreensão do problema e para o embasamento teórico necessário para a realização do trabalho.

No Capítulo 3, analisou-se o comportamento e a confiabilidade de dispositivos e circuitos elétricos de controle funcionando como meios de redução ou eliminação de riscos.

No Capítulo 4 encontram-se as considerações finais deste trabalho, através das conclusões e das sugestões para trabalhos futuros.

REVISÃO

BIBLIOGRÁFICA

2.1 Acidentes de Trabalho

Conforme Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT (NB18), o acidente do trabalho é caracterizado como uma ocorrência imprevista e indesejável, instantânea ou não, relacionada com o exercício do trabalho, que provoca lesão pessoal ou de que decorre risco próximo ou remoto dessa lesão (ABNT, 1975) e, segundo o Instituto Nacional do Seguro Social, INSS (1998), o acidente do trabalho é definido tecnicamente nos seguintes termos:

- Acidente típico: decorrente da característica da atividade profissional desempenhada pelo acidentado;
- Acidente de trajeto: ocorrido no trajeto entre a residência e o local do trabalho do segurado;
- Acidente devido a doença do trabalho: ocasionado por qualquer tipo de doença profissional peculiar a determinado ramo de

atividade econômica constante de tabela da Previdência Social (Anexo II do Decreto 611/92);

– Acidentes Registrados: Corresponde ao número de acidentes cujos processos foram abertos administrativa e tecnicamente pelo INSS;

– Acidente com afastamento: Aquele que impossibilita o retorno do acidentado ao trabalho no dia do acidente e na jornada normal no dia seguinte;

– Acidente sem afastamento: Aquele em que o retorno do acidentado ao trabalho ocorre no dia do acidente ou no dia seguinte.

– Acidente sem vítima ou incidente: Toda ocorrência não programada que interrompe a atividade normal do trabalho, resultando em perda de tempo, danos materiais, financeiros ou agressão ao meio ambiente.

– Incapacidade Temporária: Compreende aos segurados que ficaram temporariamente incapacitados para o exercício de sua atividade laborativa;

– Incapacidade Permanente: Compreende aos segurados que ficaram permanentemente incapacitados para o exercício de atividade laborativa;

– Incidente: Acidentes que ocorrem sem provocar lesão, ou seja, sem vítimas.

– Óbitos - Corresponde aos segurados que faleceram em função do acidente do trabalho.

2.1.1 Impactos dos acidentes de trabalho:

2.1.1.1 Econômicos

“Grande soma de recursos despendidos pela Previdência Social para custear os acidentes de trabalho, sendo que foram gastos 1,19 bilhões de reais com o pagamento dos benefícios em 1996”, citado por COSTELLA(1998). Esta é uma visão macro do impacto que o acidente de trabalho causa a nível econômico.

Em uma visão a nível micro-econômico, têm-se:

– Custo Segurado: O Custo dos primeiros 15 dias de tratamento do acidentado e a despesa com o seguro do acidente do trabalho;

– Custo não segurados: São constituídos pelas demais despesas. Diminuição da Produtividade, devido a interrupção do trabalho, quebra de continuidade da equipe, interrupção do trabalho de equipes atingidas pelo acidente, redução da produtividade do acidentado quando volta para o trabalho.

2.1.1.2 Jurídicos

Abrange todos os passos legais a serem tomados após a ocorrência do acidente, desde a concessão de benefícios até responsabilidade civil e ou penal do empregador.

2.1.1.3 Social

A violência do acidente do trabalho, pode ser caracterizada como uma das mais brutais formas de violência urbana.

O acidente influencia a vida social do acidentado, de modo que a vítima fica sujeita a uma trajetória de sofrimento e humilhações decorrentes do tipo de assistência que passa a receber, somando-se a sua fragilidade emocional e seu abatimento moral que passa para toda a sua família.

Todos estes fatores se tornam mais críticos de acordo com a gravidade do acidente, principalmente os que causam a morte ou a incapacidade permanente do acidentado.

2.1.1.4 Aspectos Legais

Como aspectos legais, têm-se as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego, bem como a Consolidação das Leis do Trabalho, através de seu Capítulo V, Título II, Lei 6514/77 regulamentada pela portaria 3214/78.

2.1.2 Considerações Sobre os Acidentes de Trabalho

Concorda-se com GOLDMAN (2002), quando este diz que as causas do acidente de trabalho são decorrentes de dois fatores principais que atuam isolados ou mutuamente:

- Fator de Situação: Referem-se ao projeto da máquina ou equipamento, ao projeto ou método de trabalho, a duração dos períodos de trabalho e ao meio físico;
- Fatores Individuais: Referem-se ao trabalhador em questão, abordando-se aspectos como personalidade, sistema de valores, motivação, idade, sexo, formação, experiência, entre outros.

Conforme Fischer(1987) *apud* ARAÚJO (1989):

“A organização do trabalho deve ser adaptada às condições do homem e não ao contrário.”

Elementos pertinentes à organização podem influir na ocorrência de acidentes de trabalho:

- Leiaute;
- Condições físicas das máquinas e equipamentos;
- Dispositivos de segurança em máquinas e equipamentos;
- Condição física do ambiente de trabalho (ruído, iluminação, temperatura, gases, etc.);
- Fluxo de trabalho;
- Jornada de trabalho;
- Horário de trabalho;
- Ritmo de trabalho.

Dentro destes elementos, ressaltam-se as condições físicas do trabalho, que são bastantes heterogenias dentro dos ambientes

industriais brasileiros, havendo, em muitos casos, falta de treinamento para a execução correta dos procedimentos com potenciais de perigo, de forma a prevenir os acidentes no ambiente industrial.

A partir deste ponto, serão abordados aspectos referentes às possibilidades de riscos decorrentes de máquinas e equipamentos industriais, bem como a avaliação destes riscos como subsídio à escolha dos mecanismos necessários para o isolamento da área de maior perigo.

2.2 Condições Físicas de Máquinas e Equipamentos

Existem inúmeros perigos para o trabalhador em se tratando de máquinas e equipamentos, dos quais, serão abordados, a seguir, os principais:

2.2.1 Movimentos Rotativos

É o movimento que fornece o perigo mais comum, podendo ser seu grau agravado proporcionalmente em função da sua rotação.

A rotação de polias, eixos acoplados, eixos prolongados, combinados com parafusos ou outros dispositivos salientes, são fatores que incrementam o perigo, que pode ser ainda maior se considerados eixos excêntricos, que possuem um maior raio de ação; polias com correias, onde esta desenvolve um movimento retilíneo em

dois sentidos e principalmente, o transportador helicoidal, onde existe o perigo de cisalhamento e agarramento.

Existem também os movimentos rotativos em pontos de operação, onde além do perigo da rotação, existe o perigo da má fixação das ferramentas, como por exemplo as brocas, e dos cavacos gerados pelo material trabalhado.

2.2.2 Movimentos Retilíneos Recíprocos

As plainas para metais produzem este movimento, gerando o perigo de prensar pessoas contra obstáculos fixos ou obstáculos eventuais que criam a condição de prensamento.

Considerando ainda os movimentos horizontais, existe ainda, como exemplo, o deslocamento de peças ou materiais por meio hidráulico ou pneumático, em uma escala de menor de perigo.

Como movimentos verticais, temos a agulha de costura, gerando um grande perigo em uma área diminuta. Outros exemplos são as brochadeiras e guilhotinas.

2.2.3 Outros tipos de Movimentos

Existem movimentos no sentido radial, vertical e horizontal, típicos do braço dos robôs e movimentos oscilantes, gerados pela serra circular pendular. Estes dois casos exigem uma proteção bem planejada em função do grande perigo.

2.3 Teste de Riscos

Na realização do teste de risco, deve-se ter um ótimo entendimento quanto ao funcionamento e os limites da máquina, a fim de estimar-se o grau de risco, informação necessária para a adoção das medidas preventivas.

2.3.1 Análise de Riscos

A análise de riscos é fundamental na determinação do sistema de proteção para os trabalhadores do setor industrial. Para tanto, é necessária uma metodologia direta e confiável, de forma a ser facilmente compreendida por todos os profissionais envolvidos no diagnóstico de máquinas e/ou ambientes inseguros, antes que os riscos existentes transformem-se em graves acidentes, comuns, como vimos anteriormente, em se tratando de processos industriais.

O risco é função da frequência de exposição ao perigo, frequência de ocorrência e da consequência de determinado perigo, podendo ser agravado por fatores adicionais. Então, para que se possa graduar cada risco encontrado é necessário definir categorias de frequência de exposição e de ocorrência, bem como a consequência para cada perigo. Não existe uma definição de categorias de frequência e consequência ótima. A elaboração dessas categorias é uma tarefa subjetiva e intrínseca a cada avaliação de risco. Neste estudo serão utilizadas as seguintes matrizes: frequência de exposição ao perigo (quadro 1), de frequência de ocorrência (quadro 2) e

severidade do dano potencial (quadro 3), a fim de obter-se uma análise preliminar de risco (APR):

Após a aplicação das matrizes em cada máquina ou conjunto de máquinas, deve-se realizar o somatório do peso resultante da Matriz Frequência de Exposição ao Perigo, da Matriz Frequência de Ocorrência e da Matriz Severidade do Dano Potencial, bem como a aplicação da Matriz Fatores Adicionais (Quadro 4).

O resultado obtido resultará na classificação do risco de acordo com matriz Grau de Riscos (Quadro 5), que auxiliará na escolha e nas medidas de segurança empregadas para a redução ou eliminação dos riscos.

Quadro 1 - Frequência de Exposição ao Perigo

Matriz Frequência de Exposição ao Perigo		
Peso	Denominação	Descrição
1	Rara	Semanalmente ou menos
2	Ocasional	Diariamente
4	Frequente	Muitas vezes por dia

Quadro 2 - Matriz Frequência de Ocorrência

Matriz Frequência de Ocorrência		
Peso	Denominação	Descrição
1	Improvável	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil do processo/instalação.
2	Possível	Conceitualmente possível, podendo ocorrer durante a vida útil do processo/instalação.
4	Provável	É provável que ocorra durante a vida útil do Processo/instalação
6	Certa	Esperado ocorrer até uma vez durante a vida útil do Processo/instalação

Quadro 3 - Matriz Severidade do Dano Potencial

Matriz Severidade do Dano Potencial		
Peso	Denominação	Descrição
1	Menor	Não ocorrem lesões/mortes do operador, de terceiros (não funcionários) e/ou pessoas (indústrias e comunidade); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor.
3	Séria	Lesões leves no operador, terceiros e/ou em pessoas
6	Principal	Lesões de gravidade moderada em operadores, em terceiros e/ou em pessoas (probabilidade remota de morte de funcionários e/ou de terceiros); Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em risco fatal
10	Fatal	Provoca mortes ou lesões graves em várias pessoas (em operadores, em terceiros e/ou em pessoas).

Quadro 4 - Matriz Fatores Adicionais

Fatores Adicionais	
Fator Típico	Ação Sugerida
Mais de uma pessoa exposta ao perigo	Multiplicar o fator de severidade pelo número de pessoas
Tempo prolongado na zona de perigo sem isolação completa da alimentação	Se o tempo gasto por acesso for maior do que 15 minutos, adicionar 1 ponto ao fator de freqüência.
O operador está inabilitado ou não treinado	Adicionar 3 pontos ao total
Intervalos muito longos (ex.: 1 ano)	Adicionar pontos equivalentes ao máximo fator de freqüência

Quadro 5 - Matriz Grau de Riscos

Grau de Riscos	
Somatório dos Pesos	Risco
Menor que 3	Desprezível
Entre 4 e 7	Menor
Entre 8 e 10	Moderado
Entre 11 e 14	Sério
Acima de 15	Crítico

2.3.2 Avaliação e Redução de Risco

Cada máquina e seus respectivos riscos são considerados, um de cada vez, a fim de tomar medidas para abordar todos os seus perigos.

Há três métodos básicos a serem considerados e usados na seguinte ordem:

- eliminar ou reduzir os riscos tanto quanto possível, através de projeto e construção de máquinas inerentemente seguras;
- tomar as medidas de proteção necessárias em relação aos riscos que não podem ser eliminados;
- informar os usuários dos riscos residuais, devido a qualquer deficiência das medidas de proteção adotadas, indicar se qualquer treinamento específico for requisitado e especificar qualquer necessidade de fornecer equipamento de proteção pessoal.

Existem duas situações bem claras para o tratamento dos riscos: a primeira é a adequação de máquinas envolvidas, e a segunda a monitoração do ambiente onde estes riscos não podem ser eliminados.

Os tipos de medidas a serem consideradas são:

- proteções de fechamento fixas;
- proteções móveis, utilizando intertravadas, para onde está direcionado este trabalho, ou dispositivos de proteção por meio de cortinas de luz, tapetes de pés, etc.;
- aparelhos de proteção como gabaritos, prendedores, bastões de pressão etc., usados para alimentar uma peça

de trabalho enquanto conserva o corpo dos operadores fora da zona de perigo;

- provisão de informações, instruções, treinamento e supervisão.

É importante que os operadores tenham o treinamento necessário nos métodos e no trabalho seguro para uma máquina. Isso não significa que as três primeiras medidas podem ser omitidas. Não é aceitável meramente contar a um operador que ele não deve chegar perto das peças perigosas como uma alternativa para protegê-lo.

2.4 Princípios de Segurança

2.4.1 Medidas de proteção

Quando o teste de risco mostrar que a máquina ou processo carrega um risco de dano, o perigo deve ser eliminado ou contido. A maneira pela qual isto é atingido dependerá da natureza da máquina e do perigo. Em termos básicos, significa prevenir qualquer acesso às peças relevantes enquanto elas estão em uma condição perigosa. A melhor escolha de medida de proteção é um dispositivo ou sistema que forneça a proteção máxima com o mínimo obstáculo à operação normal da máquina. É importante que todos os aspectos da máquina sejam considerados.

Pode-se prevenir o acesso durante a movimentação perigosa ou a movimentação perigosa durante o acesso.

2.4.1.1 Proteções de Fechamento Fixas

Se o perigo estiver na parte da máquina onde não há necessidade de acesso, ela deve estar permanentemente protegida com proteções presas e fixas.

2.4.1.2 Proteções Móveis com Chaves de Intertravamento

Se o acesso é requisitado, há necessidade de uma proteção que possa ser aberta, intertravada com a fonte de alimentação do perigo, de uma maneira que garanta que todas as vezes que a porta de proteção não está fechada, a alimentação do perigo estará desligada.

Esta abordagem envolve o uso de uma chave de intertravamento montada na porta da proteção. O controle da fonte de alimentação da máquina realizado pela chave de acesso à área protegida. A fonte de alimentação é geralmente elétrica, mas pode, também, ser pneumática ou hidráulica. Quando a porta de proteção é aberta, o movimento é detectado e o gabinete de intertravamento isolará a fonte de alimentação do perigo diretamente ou através de um contator de potência.

Algumas chaves de intertravamento também incorporam um dispositivo de segurança que tranca a porta da proteção e não a liberará até que a máquina esteja em uma condição segura. Para a maioria das aplicações, a combinação de uma proteção móvel e uma chave de intertravamento com ou sem o travamento da proteção é a solução mais confiável e de menor custo.

2.4.1.3 Controles bi-manual

O uso de controles bi-manuais é um método comum de prevenção de acesso enquanto a máquina está em uma condição perigosa. Dois botões de início têm que ser operados ao mesmo tempo para a máquina funcionar. Isto certifica que ambas as mãos do operador estão ocupadas em uma posição segura e assim não podem estar na área de risco.

Um sistema de controle bi-manual depende fortemente da sua integridade e do seu sistema de monitoração para detectar quaisquer falhas, assim, é importante que este aspecto seja ponderado para a especificação correta.

O projeto físico deve prevenir a operação imprópria, como por exemplo, pela mão e pelo cotovelo.

A máquina não deve passar de um ciclo para outro sem a liberação ou pressão e ambos os botões. Isto previne a possibilidade de ambos os botões serem bloqueados, deixando a máquina funcionar continuamente. A liberação de qualquer botão deve causar a parada da máquina. O uso do controle bi-manual deve ser considerado com cautela, já que geralmente isto deixa alguma forma de risco exposto.

É muito útil, entretanto, em aplicações como modo assistente de controles suspensos e intermitentes, pois pode fornecer níveis avançados de proteção quando usados em conjunto com outros dispositivos de proteção.

2.4.1.4 Cortinas de luz fotoelétricas

Estes dispositivos emitem feixes de luz infravermelha inofensiva em frente à área de perigo. Quando qualquer dos feixes é bloqueado pelo acesso à área referida, o circuito de proteção desliga a fonte de alimentação da máquina.

As cortinas de luz são extremamente versáteis e podem proteger áreas grandes. Pelo uso de espelhos, os feixes podem ser desviados ao redor dos cantos para envolver a máquina.

Elas estão disponíveis com diferentes espaçamentos entre os feixes, fazendo-os adequados para muitas aplicações, variando de perímetros de proteções totalmente fechados para robôs industriais até como para indicar a proteção de acesso para certos tipos de prensas e guilhotinas.

2.4.1.5 Tapetes de segurança sensíveis à pressão

Estes dispositivos são usados para fornecer proteção a uma área de piso ao redor de uma máquina. A matriz dos tapetes interconectados é colocada ao redor da área classificada e qualquer pressão causará o acionamento do circuito de proteção, normalmente ligado à fonte de alimentação da máquina.

Os tapetes sensíveis à pressão são frequentemente usados dentro de uma área fechada contendo diversas máquinas, como, por exemplo, produção flexível ou células robóticas. Quando o acesso for requisitado dentro da célula ele sinaliza a movimentação.

2.4.1.6 Bordas sensíveis à pressão

São tiras de borda flexível, que podem ser fixadas na borda da peça móvel, como uma mesa de máquina ou porta automática, onde há um risco de perigo de esmagamento ou cisalhamento.

Se a parte móvel atingir o operador ou vice-versa, a borda flexível sensível será pressionada e desligará a fonte de alimentação do perigo. Bordas sensíveis podem também ser usadas onde existe um risco de erro do operador. Se um operador for pego pela máquina, o contato com a borda sensível desligará sua alimentação.

Cortinas de luz, tapetes de pés e bordas sensíveis podem ser classificados como sendo dispositivos de desarme. Eles, na realidade, não restringem o acesso, mas apenas o sinaliza. É necessário um grande nível de integridade nestes dispositivos, devendo conter em seus circuitos, a sua própria monitoração e medidas de falhas-seguras. Em geral, eles são apenas adequados para máquinas que param razoavelmente rápido após o desligamento da fonte de alimentação. Como um operador pode caminhar ou alcançar diretamente a área classificada, é extremamente necessário que o tempo tomado para a máquina parar seja menor do que o requisitado para o operador alcançar o perigo após disparar o dispositivo.

2.4.2 Paradas de emergência

Toda vez que há uma situação de perigo para um operador em uma máquina, deve haver a facilidade ao acesso de um dispositivo de

parada de emergência.

O meio usual de fornecer isto é na forma de um botão, com cabeça em forma de cogumelo, que o operador pressiona no evento de uma emergência. Eles devem ser colocados estrategicamente, em quantidade suficiente, ao redor da máquina para certificar que haja sempre um ao alcance.

2.4.2.1 Dispositivo de proteção por cabos

Para máquinas como esteiras transportadoras, é mais conveniente e eficiente usar um dispositivo de acionamento por cabos ao longo da área classificada.

Estes dispositivos usam uma corda de fios de aço, como acionamento, de modo que puxando o cabo em qualquer direção, em qualquer ponto de seu comprimento fará o dispositivo operar e desligar a alimentação da máquina.

2.4.2.2 Dispositivo de disparo telescópico

O desvio da antena telescópica faz a chave desligar a alimentação da máquina. Estes dispositivos são mais comumente usados como elementos de disparo em máquinas como furadeiras de coluna.

O gabinete é montado na furadeira e a antena é estendida para baixo, perto da broca.

2.5 Escolha da Medida de Proteção

Além das medidas já mencionadas, pode também ser necessário para o operador usar equipamentos como luvas especiais, óculos de proteção, respiradores, etc. O projeto da máquina deve especificar que tipo de equipamento é requisitado. O uso de equipamento de proteção individual complementa as medidas anteriores.

Se o acesso às peças perigosas não for requisitado, a solução é protegê-las por algum tipo de proteção fechada fixa.

Se o acesso for requisitado, então a proteção se torna mais complexa. Será necessário certificar que o acesso pode apenas ser feito enquanto a máquina estiver segura. Medidas protetoras, como portas de proteção intertravadas e/ou sistemas de disparo são necessárias. A escolha do dispositivo ou sistema de proteção deve ser fortemente influenciada pelas características operacionais da máquina e pela análise de riscos, lembrando-se que um sistema que piora a eficiência da máquina estará sujeito à remoção não autorizada ou transposição.

A segurança da máquina dependerá da aplicação apropriada e operação correta do sistema de proteção, até mesmo sob condições de falha, bem como da escolha correta da tecnologia a ser aplicada, uma vez que existem vários graus de performance de monitoração, detecção e prevenção de falhas.

Em uma situação ideal, cada sistema de proteção não teria nenhuma possibilidade de falha em uma condição perigosa, mas na prática existe a restrição apresentada pelos limites atuais de

conhecimento e materiais.

Outra restrição é, naturalmente, o custo. Isto se torna óbvio, pois, por causa deste fator, é requisitado um senso de proporção, como exemplo, o senso comum fala que não seria viável insistir que a integridade de um sistema de segurança, em uma máquina com risco desprezível, é a mesma requisitada para manter um jato Jumbo no ar. As conseqüências da falha são drasticamente diferentes e, desta forma, usam-se categorias (Quadro 6) para relacionar a extensão das medidas de proteção ao nível de risco obtido no estágio de estimativa de risco.

Em qualquer tipo de dispositivo de proteção que seja escolhido como um sistema de segurança, haverá muitos elementos, incluindo o dispositivo de proteção, fiação, dispositivo de chaveamento de alimentação e, algumas vezes, partes do sistema de controle operacional da máquina. Todos estes elementos do sistema devem ter características de performance relevantes, adequadas para seus princípios de projeto e tecnologia.

A matriz Resumo de Categorias resume várias categorias para dispositivos de sistemas elétricos de proteção.

Quadro 6 - Resumo de Categorias

Resumo dos Requisitos	Comportamento do Sistema	
CATEGORIA B: Peças relacionadas à segurança dos sistemas de controle da máquina e/ou seus equipamentos de proteção, bem como seus componentes, devem ser projetadas de acordo com as normas relevantes para que assim possam suportar a influência esperada.	Quando uma falha ocorre, ela pode levar à perda da função de segurança.	Pela Seleção de Componentes (Em direção à Prevenção de Falhas)
CATEGORIA 1- Os requisitos da categoria B aplicam-se junto com o uso de componentes de segurança bem experimentados.	Como descrito para a categoria B, mas com segurança maior, com o incremento da credibilidade e a diminuição da probabilidade de falha.	
CATEGORIA 2 - Os requisitos da categoria B e o uso dos princípios de segurança bem testados se aplicam. A(s) função(ões) de segurança deve(m) ser verificada(s) na inicialização da máquina e periodicamente pelo sistema de controle da máquina. Se uma falha for detectada em um estado seguro, deve ser iniciado ou se isto não for possível, um aviso deve ser dado	A perda da função de segurança é detectada pela verificação. A ocorrência de uma falha pode levar à perda da função de segurança entre os intervalos de verificação,	Pela Estrutura (Em direção à Detecção de Falhas)
CATEGORIA 3: Os requisitos da categoria B e o uso dos princípios de segurança bem testados se aplicam. O sistema deve ser projetado de modo que uma única falha em qualquer de suas peças não leve à perda da função de segurança.	Quando uma única falha ocorre, a função de segurança é sempre acionada. Algumas, mas nem todas as falhas serão detectadas. Um acúmulo de falhas não detectadas pode levar à perda da função de segurança.	
CATEGORIA 4: Os requisitos da categoria B e o uso dos princípios de segurança bem testados se aplicam. O sistema deve ser projetado de modo que uma mínima falha em qualquer de suas peças não leve à perda da função de segurança. A única falha é detectada antes ou na próxima exigência da função segurança. Se esta detecção não for possível, então um acúmulo de falhas não deve levar a perda da função segurança.	Quando as falhas ocorrem, a função de segurança é sempre acionada. As falhas serão detectadas em tempo para prevenir a perda das funções de segurança	

Fonte: Norma ISO 13849-1

2.6 Sistemas de Controle Relacionados à Segurança (SRCR's)

O Sistema de controle relacionado à segurança faz parte do sistema de controle de uma máquina que previne a ocorrência de uma condição perigosa. Isto pode ser um sistema dedicado separado ou pode ser integrado ao sistema de controle da máquina normal.

Sua complexidade variará de um sistema simples típico, como uma chave de intertravamento com trava elétrica de porta e chave de

parada de emergência conectada em série à bobina de controle do contator de alimentação, até um sistema composto, tendo dispositivos simples e complexos comunicando-se através do software e hardware.

Para fornecer a função de segurança, o sistema deve continuar a operar corretamente sob todas as condições previsíveis.

A escolha dos SRCR's é auxiliada pela performance exigida pelas categorias conforme Quadro 6.

A interpretação dos requisitos básicos combinada à análise dos riscos apresentados é fundamental para a escolha da categoria, a fim de especificar o SRCR's

A categoria 1 objetiva a PREVENÇÃO de falhas.

Isto é alcançado pelo uso de princípios de projetos, componentes e materiais. Simplicidade do princípio e do projeto, juntos com o uso de materiais com características estáveis e previsíveis são as chaves para esta categoria.

As categorias 2, 3 e 4 requerem que, se as falhas não puderem ser prevenidas, devem ser DETECTADAS e a ação apropriada tomada.

A monitoração e verificação são as chaves para estas categorias. O método sugerido para a monitoração é duplicar as funções críticas de segurança e comparar suas operações.

Na Figura 1 tem-se um sistema simples, contendo um dispositivo de intertravamento da porta de proteção, conectado em

série com uma bobina de controle do contator de potência. Se for considerado que o objetivo é a completa confiança, com nenhuma possibilidade de falha em uma condição perigosa, qual das categorias é a mais apropriada?

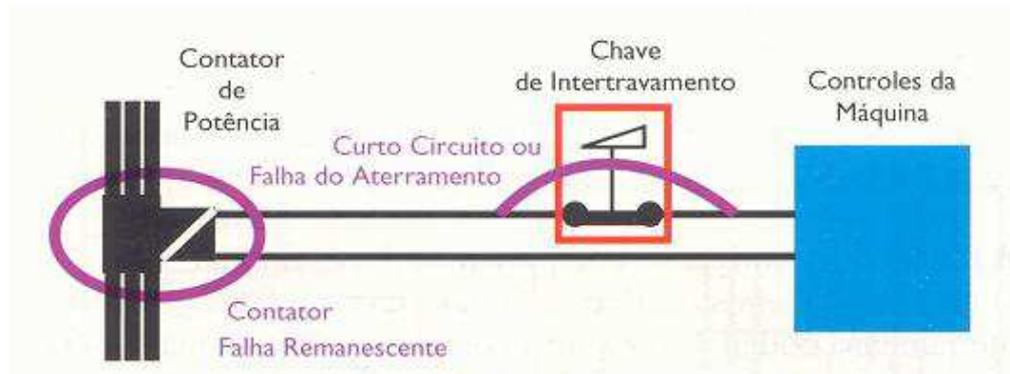


Figura 1 - Sistema de Intertravamento Simples
Fonte: Rockwell Automation

O primeiro passo é separar o sistema em seus componentes principais e considerar suas possíveis falhas potenciais.

Neste exemplo os componentes são:

1. Chave de intertravamento;
2. Contator;
3. Fiação.

A **chave de intertravamento** é um dispositivo mecânico. A tarefa que ela faz é simples - abrir os contatos quando uma porta de proteção estiver aberta. Isto atende os requisitos da categoria 1 e pelo uso de princípios de projeto e materiais corretos pode ser provado que, quando usado dentro dos parâmetros de operação estabelecidos, ele não apresentará falhas em uma condição perigosa. Isto se torna viável

pelo fato de que o dispositivo é relativamente simples e tem características previsíveis e que podem ser provadas.

O **contator** é um dispositivo um pouco mais complexo e pode ter algumas possibilidades teóricas para falha. Os contadores de fabricantes de reputação são dispositivos extremamente confiáveis. As estatísticas mostram que falhas são raras e podem geralmente ser atribuídas à instalação ou manutenção precárias.

Os contadores necessitam sempre ter seus contatos de potência protegidos por um dispositivo de corte de sobrecorrente para prevenir a soldagem, além de estarem sujeitos a uma rotina de inspeção regular para detectar a corrosão excessiva ou as conexões frouxas, que podem levar ao superaquecimento e a sua deformação. Também deve ser checado se o contator obedece às normas relevantes que incluem as características e condições de uso requisitadas.

Atendendo a estes fatores é possível manter as possibilidades de falha em um nível mínimo. Mas para algumas situações, até mesmo isto é inaceitável e para aumentar o nível de provisão de segurança, precisamos usar a duplicação e a monitoração.

A **fiação** que conecta os componentes deve também ser considerada. Curtos circuitos não detectáveis e falhas de aterramento podem levar a uma condição perigosa, mas se ela estiver corretamente projetada e instalada de acordo com normas técnicas vigentes, as chances de falha são bastante reduzidas.

Este sistema pode fornecer um nível significativo de segurança, que será necessário para muitas situações. Nota-se, contudo, que o contator e a fiação estão propensos a falhas teoricamente previsíveis,

porém improváveis. Em alguns casos pode ser possível, tomar as devidas precauções para eliminar todas as possibilidades de falhas. Se isto não for possível, então as técnicas relevantes para as categorias 2, 3 e 4 como a duplicação e a monitoração, são, ambas, geralmente, mais praticáveis e de custo reduzido.

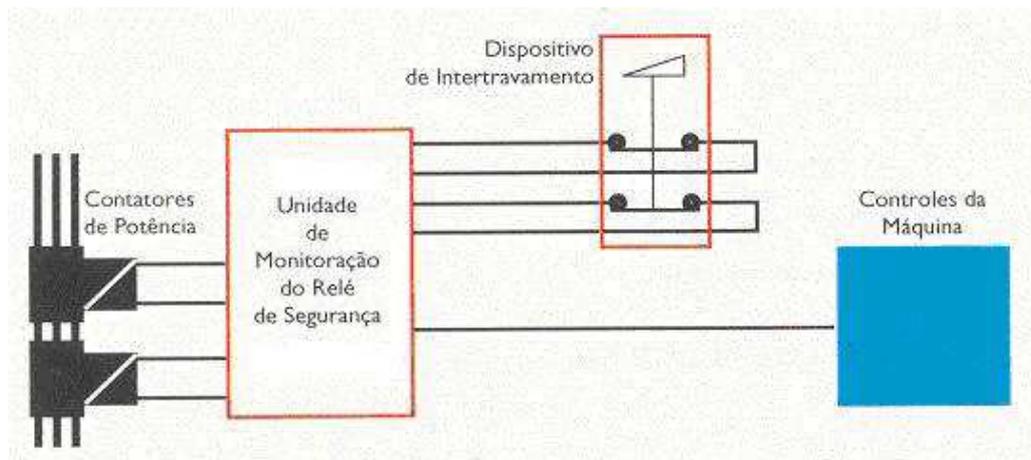


Figura 2 - Intertravamento com Relé de Segurança e Monitoração
Fonte: Rockwell Automation

A Figura 2 mostra um sistema que preenche os requisitos da categoria 3. Uma unidade de relé de segurança e monitoração de circuitos é usada para monitorar um circuito de controle de dois canais. Qualquer falha única na fiação ou nos contatores será detectada pelo relé de monitoração no próximo evento pela função de segurança.

Embora a chave de intertravamento tenha, agora, o dobro de contatos, é ainda um dispositivo que preenche os requisitos da

categoria 1- fazendo parte de um sistema que preenche os requisitos da categoria 3.

O que determina quando e em que grau precisa-se tomar tais medidas são os resultados da avaliação de risco. Esta é a abordagem correta, mas deve-se entender que isto inclui todos os fatores e não apenas o nível de risco no ponto de perigo. Por exemplo, pode-se considerar que se a estimativa de risco mostra um alto nível de risco, o dispositivo de intertravamento deve ser duplicado e monitorado. Mas, em muitas circunstâncias, este dispositivo, devido a suas aplicações, projeto e simplicidade, não apresentará falhas em caso de perigo e não haverá nenhuma falha não detectada para monitorar.

Desta forma, **o tipo de categoria usada dependerá da avaliação de risco e da natureza e complexidade do dispositivo ou sistema.**

Se existirem possibilidades de falha, quanto mais alto o grau de risco obtido na estimativa de risco, maior a justificativa para medidas de prevenção e detecção. O tipo de categoria deve ser determinado para fornecer o método mais adequado e eficiente. A estimativa do nível de risco é um fator, mas natureza do dispositivo ou sistema de proteção e as características de operação da máquina devem também ser levadas em conta.

Na Figura 3 é apresentado o mesmo circuito básico, mas o dispositivo de intertravamento é substituído por uma cortina de luz de segurança.

A cortina de luz de segurança é um dispositivo complexo. Até mesmo na sua forma mais simples, ela terá um número relativamente

grande de componentes eletrônicos, incluindo circuitos integrados. Os tipos mais sofisticados podem também depender de dispositivos software programáveis.

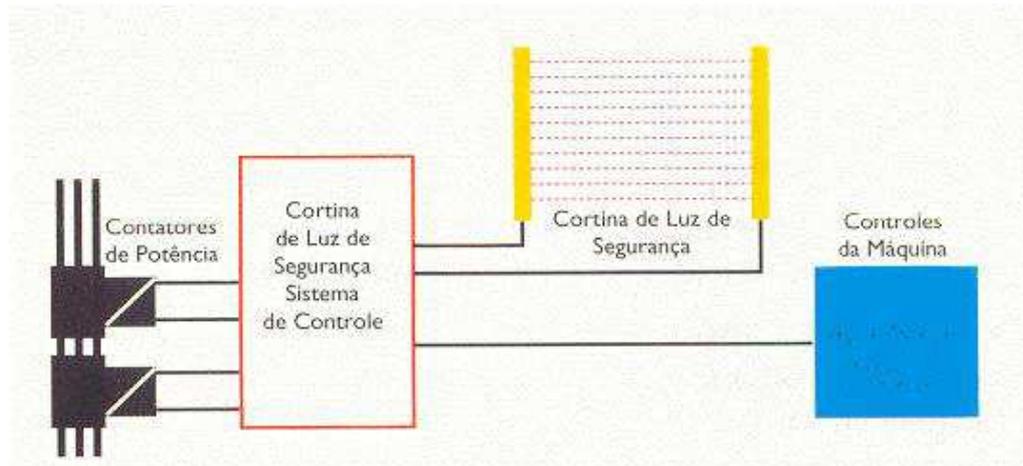


Figura 3 - Sistema de Segurança por Cortina de Luz
Fonte: Rockwell Automation

Antecipar e eliminar todas as falhas perigosas em um dispositivo eletrônico, mas não programável, seria uma enorme tarefa e com um dispositivo programável isto seria praticamente impossível. Desta forma, deve-se aceitar que falhas serão possíveis e a melhor resposta é detectá-las e assegurar que a ação de proteção necessária seja tomada, como por exemplo, fechar em um estado seguro. Assim, há a necessidade de um dispositivo que satisfaça os requisitos das categorias 2, 3 ou 4. Com um circuito simples, a cortina de luz também monitorará a fiação e os contatores.

Constata-se, a partir dos últimos dois exemplos, que o mesmo grau de proteção é fornecido por dois tipos de sistemas usando dispositivos que satisfazem categorias diferentes.

2.7 Unidades de Relé de Segurança e Monitoração de Circuitos

Os circuitos a seguir são baseados no uso de um dispositivo de intertravamento de controle, mas o mesmo princípio pode ser aplicado a outros dispositivos de chaveamento como por exemplo, parada de emergência ou dispositivos de desarme.

Categoria 1

A figura 4 apresenta um circuito de controle simples, o dispositivo de intertravamento satisfaz os requisitos da categoria 1. O contator é corretamente selecionado para sua tarefa e é projetado e produzido para utilização específica de segurança. A parte do sistema com mais tendência a uma falha é a fiação de conexão. Para superar isto, ela deve ser instalada de acordo com as normas técnicas vigentes, sendo roteada e protegida de maneira que previna quaisquer curtos circuitos e falhas de aterramento previsíveis. Este sistema atenderá os requisitos da categoria 1.

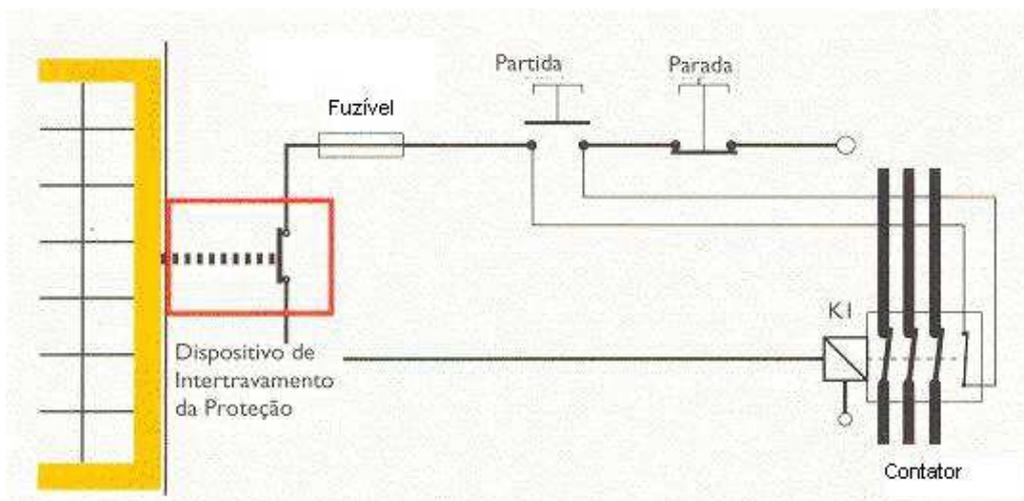


Figura 4 - Sistema de Intertravamento – Categoria 1
Fonte: Rockwell Automation

O próximo circuito, Figura 5, é ligeiramente mais complexo, neste há um dispositivo de intertravamento que controla mais do que um contator. As suas peças devem ser consideradas da mesma forma.

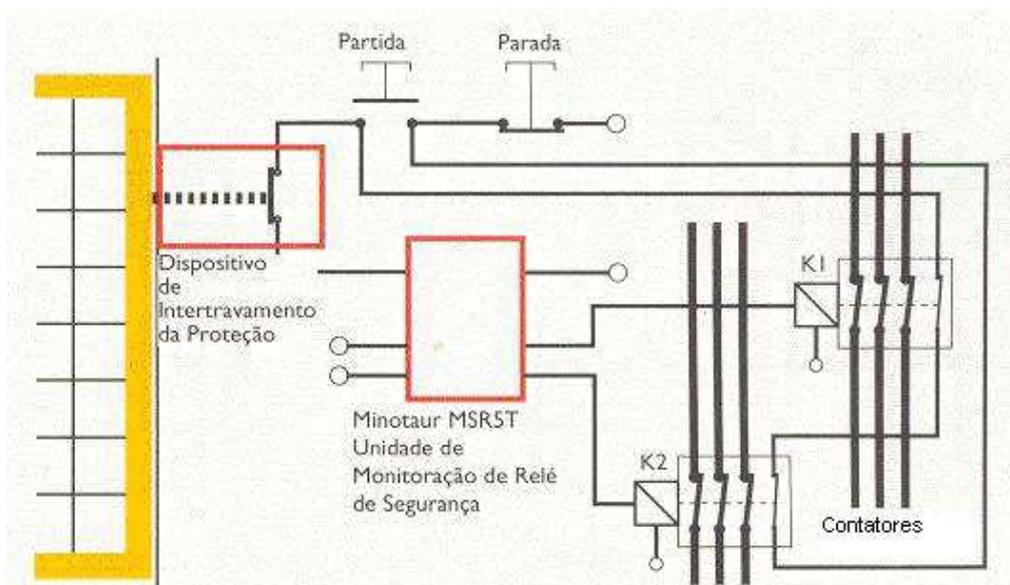


Figura 5 - Sistema de Intertravamento – Categoria 1 com dois Contatores
Fonte: Rockwell Automation

Com um circuito não relacionado à segurança, um relé comum poderia ser usado para distribuir o sinal, mas onde a segurança é uma preocupação isto não seria, definitivamente, aceitável já que eles podem aderir e algumas vezes o fazem. Desta forma, uma unidade de relé de segurança de monitoração, é usada para fornecer uma ação de chaveamento certificada. Este sistema atenderá os requisitos da categoria 1.

Categoria 2

O circuito da Figura 6 satisfaz os requisitos da categoria 2 e,

desta forma, deve passar por um teste de função de segurança antes de a máquina poder ser iniciada, devendo ser também testado periodicamente. Na energização inicial, o relé de segurança de monitoração não permitirá a comutação de alimentação para o contator até que a proteção seja aberta e fechada. Isto inicia uma verificação para quaisquer falhas no circuito, da chave até o relé. Apenas quando esta verificação for bem sucedida o contator será energizado. Em todas as operações subseqüentes de proteção, o circuito será igualmente verificado.

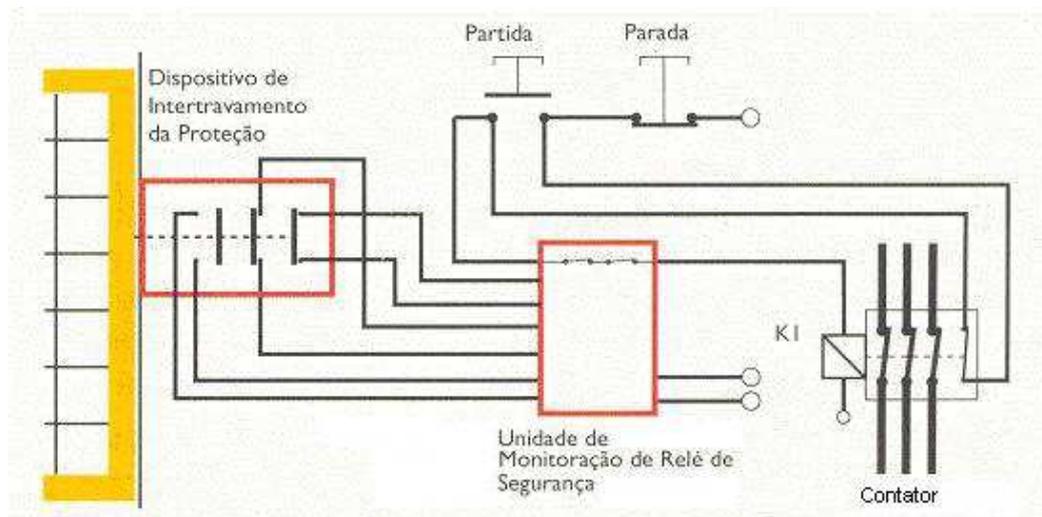


Figura 6 - Sistema de Intertravamento – Categoria 2
Fonte: Rockwell Automation

Categoria 3

A Figura 7 mostra um sistema que satisfaz os requisitos da categoria 3 e é freqüentemente adequado para aplicações com estimativas de risco mais elevadas. É um sistema de canal duplo, que é

totalmente monitorado, incluindo os dois contatores. Ao abrir e fechar a proteção, qualquer falha causará a interrupção da alimentação do o relé de segurança e monitoração para os contatores, até que a falha seja corrigida e o relé seja resetado.

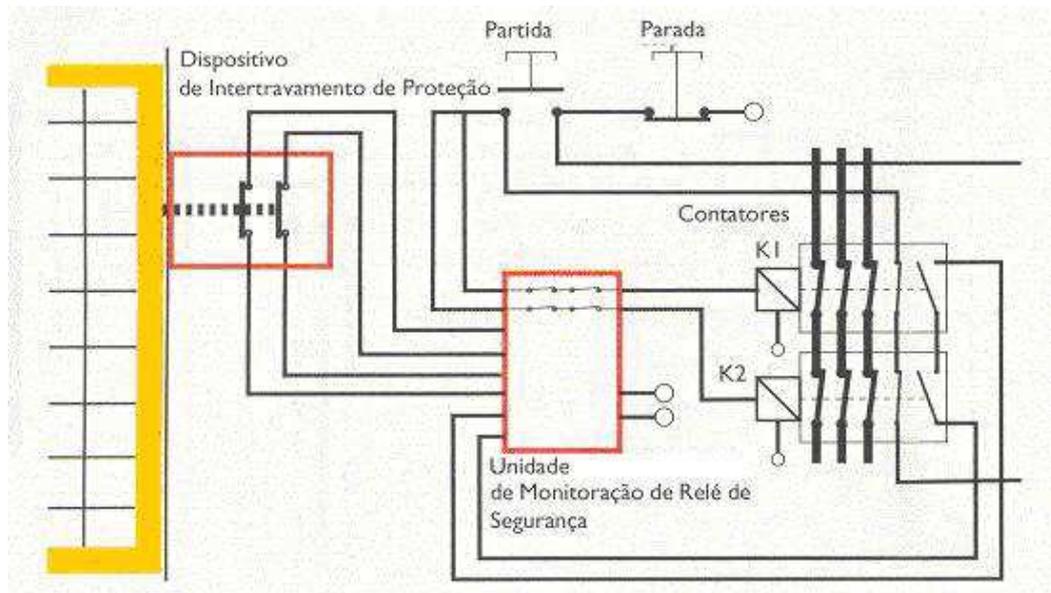


Figura 7 - Sistema de Intertravamento – Categoria 3
Fonte: Rockwell Automation

Categoria 4

A categoria 4 requisita que a função do sistema de segurança ainda seja fornecida, até mesmo com o acúmulo de falhas não detectadas. O meio mais prático de alcançar isso é empregar técnicas de monitoração contínua ou de alta frequência. Isto não é possível com a maioria dos componentes mecânicos ou eletromecânicos como chaves mecânicas, relés e contatores comuns nos sistemas de intertravamento e paradas de emergência.

Estas técnicas são viáveis para monitorar os componentes eletrônicos de estado sólido, porque uma mudança de estado em alta

freqüência é possível e não diminui a vida do componente de forma considerável. Desta forma, a abordagem da categoria 4 é freqüentemente encontrada em subsistemas autônomos, como as cortinas de luz.

2.8 Sistemas Eletrônicos Programáveis

Nos circuitos de segurança estudados até aqui, o dispositivo de proteção é diretamente conectado ao(s) contator(es) usando apenas fiação e dispositivos eletromecânicos simples ou completamente monitorados. Este é o método de instalação elétrica firme, normalmente recomendado. Sua simplicidade significa que é confiável e relativamente fácil de monitorar.

O aumento do controle operacional normal da máquina é alcançado por equipamentos programáveis. Com os avanços na tecnologia, sistemas de controle eletrônicos programáveis e complexos assumiram o papel de sistema nervoso central de muitas máquinas.

Interromper a operação de uma máquina por um método que não utilize o sistema de controle pode resultar em dano de ferramenta ou dano na máquina bem como dano ou perda do programa.

Infelizmente, a maioria dos sistemas eletrônicos programáveis têm muitos modos de falha devido a sua complexidade, para que sejam utilizados como o único meio de parar a máquina sob comando do intertravamento da porta de proteção ou do botão da parada de emergência. Em outras palavras, pode-se pará-la sem danos na

máquina ou pará-la seguramente, mas não ambos.

Três soluções são apresentadas:

1. Sistemas Programáveis Relacionados à Segurança: Na teoria é possível projetar um sistema programável que tenha um nível de integridade de segurança alto suficiente para uso relacionado à segurança. Na prática isto normalmente seria alcançado pelo uso de medidas especiais como circuitos duplos com monitoração cruzada, mas é importante perceber que estas medidas especiais necessitarão ser aplicadas para todos os aspectos incluindo a escrita do software.

A questão básica é: não haverá ou haverão suficientemente poucas falhas? Um modo de análise completo de falhas até mesmo para equipamento programável relativamente simples pode, na melhor das hipóteses, ser um consumidor excessivo de tempo ou, na pior hipótese, ser impossível.

O custo de desenvolvimento destes sistemas é justificável em aplicações onde eles têm vantagens significantes ou nenhum outro método funcionará.

2. Unidade de Monitoração com Comando de Supressão de Atraso de Tempo: Este sistema tem um nível alto de integridade, mostrado na Figura 8, com uma fiação complexa e também permite um desligamento seqüencial e correto que protege a máquina e o programa.

As saídas primárias do relé de segurança são conectadas às entradas do CLP e as saídas com atraso são conectadas ao contator.

Quando o interruptor de proteção da intertrava é ativado, a saída primária no relé de segurança liga-se imediatamente. Isto sinaliza o sistema programável para conduzir a seqüência de parada correta. Após o tempo suficiente ter transcorrido para permitir este processo, a saída com atraso no relé liga e isola o contator principal.

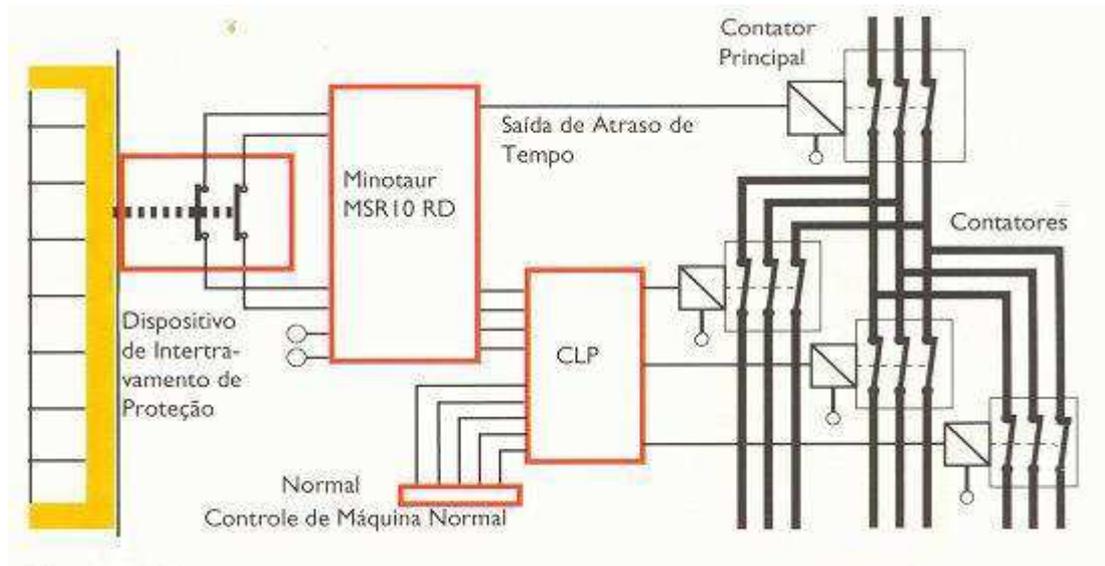


Figura 8 - Sistema de Intertravamento – Utilizando CLP com Atraso de Tempo
Fonte: Rockwell Automation

3. Dispositivos de Proteção de Travamento Controlado por Sistemas Programáveis: Este sistema novamente fornece um alto nível de integridade (Figura 9), com uma fiação complexa combinada à capacidade de permitir uma seqüência de desligamento correta.

Para permitir a abertura da porta de proteção, um solenóide deve receber um sinal de liberação do CLP. Este sinal apenas será dado após uma seqüência de comando de parada ter sido completada. Isto garante que não haja nenhum dano de ferramenta ou perda de programa. Quando o solenóide é energizado a porta pode ser aberta, o

que faz com que os contatos do circuito de controle isolem o contator da máquina.

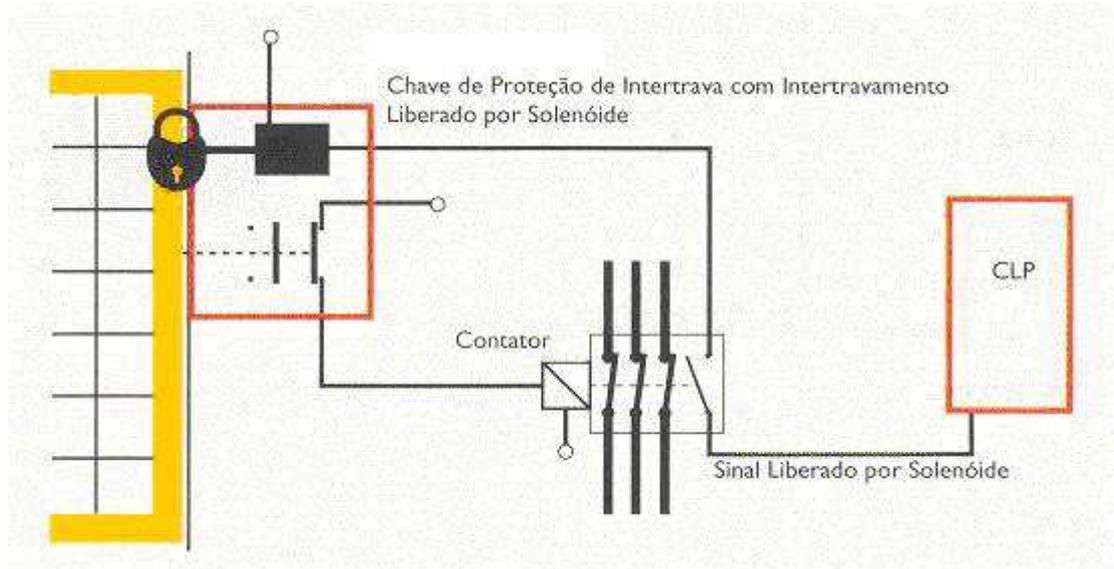


Figura 9 - Sistema de Intertravamento – Utilizando CLP
Fonte: Rockwell Automation

Podem ser usados sensores (detectores de parada) ou uma unidade de tempo com atraso, juntamente com o CLP.

**ANÁLISE DE
DISPOSITIVOS E
SISTEMAS
ELÉTRICOS DE
SEGURANÇA PARA
MÁQUINAS E
EQUIPAMENTOS**

3.1 Dispositivos e Princípios de Intertravamento

Um dos mais importantes tipos de dispositivos de proteção é o dispositivo de intertravamento de segurança que intertrava a porta de proteção com a fonte de alimentação do perigo.

Quando a porta de proteção é aberta, a alimentação é isolada e assim garante a eliminação do risco quando o operador acessar a área

protegida.

Existem muitas variações de dispositivos de intertravamento cada um com suas próprias características.

É importante assegurar que o tipo de dispositivo escolhido seja correto para sua aplicação.

Serão analisados, neste capítulo, alguns circuitos utilizados para proteção de áreas de alto risco, utilizando intertravamento, através relés de segurança e Controladores Lógicos Programáveis (CLP's), realizando uma abordagem sobre princípios de operação, detecção de falhas e indicações de utilização (Quadro 6.)

3.2 Confiabilidade

Um dispositivo de intertravamento deve operar confiavelmente até mesmo sob condições extremas e tratamento severo. O mecanismo de segurança deve ser conservado o mais simples possível e todo o material usado pelo fabricante deve ser da mais alta qualidade. O projeto deve assegurar que o desgaste dos componentes seja mínimo. O mecanismo deve ser fechado em um compartimento fortemente lacrado.

3.3 Análise dos Circuitos Propostos

Os circuitos a seguir são apresentados com a porta de proteção fechada e pronta para a partida do motor pelo controle de partida

normal. É possível dar a partida da máquina apenas através de atuação voluntária do controle que foi fornecido para essa finalidade.

As unidades de relé de segurança e monitoração utilizam circuitos de canal duplo ou com mais de um dispositivo de comutação conectado. Esta observação é aplicada para todos os dispositivos de monitoração que usam a técnica de comparação do sinal na alteração do estado de canais duplos.

Determinadas falhas são apenas detectadas em uma alteração de estado do dispositivo de comutação de entrada como chave de intertravamento ou chave de parada de emergência. Se houver períodos longos como por exemplo, meses ao invés de dias entre os acionamentos dos circuitos, múltiplas falhas podem ser acumuladas, as quais podem conduzir a uma situação de perigo. Portanto, uma verificação regular deverá ser realizada no sistema com o objetivo de detectar uma única falha antes que ocorra um acúmulo. Essa verificação pode ser manual ou iniciada por parte do sistema de controle da máquina.

Como o dispositivo de parada de emergência não é acionado freqüentemente, é necessário que sua função seja verificada regularmente para criar condições de o Relé de Segurança e monitoração detectar uma única falha. Se a proteção for raramente aberta, a chave de intertravamento deverá ser verificada de maneira similar.

3.3.1 Intertravamento da porta de proteção e parada de emergência - canal simples - não monitorado - básico

Princípio de operação:

Abrir a proteção ou acionar o dispositivo de parada de emergência fará com que o contator isole a alimentação do motor (Figura 10).

Comportamento de falhas:

A integridade do circuito depende da adequação dos componentes e da natureza da instalação da fiação.

Comentários:

Este tipo de distribuição é muito usado em aplicações de baixo a médio risco e onde a fiação possa ser protegida de maneira apropriada.

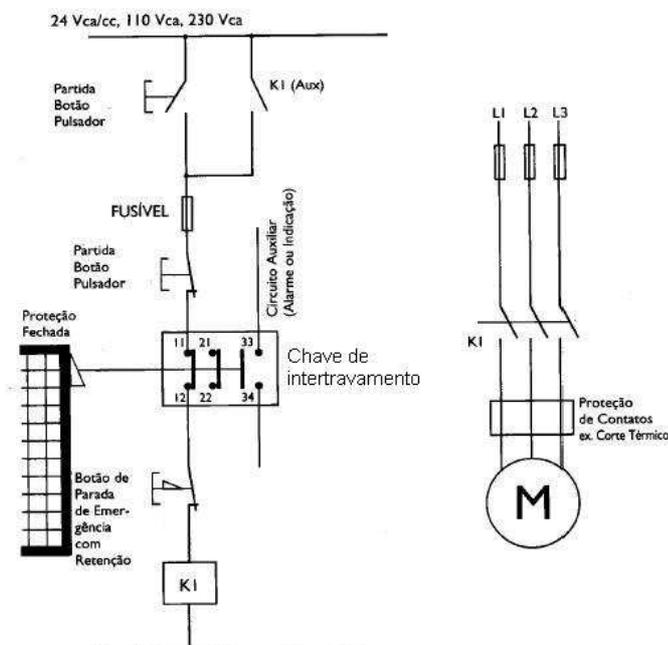


Figura 10 - Intertravamento de Porta de Proteção e Parada de Emergência – Não Monitorado - Básico
Fonte: Rockwell Automation

3.3.2 Intertravamento da porta de proteção e parada de emergência- canal simples - não monitorado

Princípio de operação:

Este é um sistema de canal simples com monitoração dos contadores (Figura 11). É usado com um relé de segurança e monitoração para distribuir o sinal das chaves de intertravamento e parada de emergência para 3 contadores.

A abertura da proteção ou operação do dispositivo de parada de emergência abrirá os circuitos de entrada (A1-A2) para o relé. Os circuitos de saída (13-14, 23-24 e 33-34) farão com que os contadores isolem a alimentação dos respectivos motores.

Comportamento e Detecção de falhas:

A integridade do circuito depende da adequação dos componentes e da natureza da instalação da fiação

O relé garante a ação de chaveamento. A monitoração dos contadores é realizada através dos terminais X1 -X2.

Quando for usado mais de um contator, se um dos contadores se mantiver na posição ON, o reinício dos outros 2 será evitado pelo relé. O relé pode ser configurado com 2 contadores em série para controlar um motor. Se um contator se mantiver na posição ON, o motor interromperá o comando devido ao outro contator, mas o relé não resetará.

Todas as falhas de segurança dentro do próprio relé têm que ser detectadas. Mas nesta configuração de circuito ele não detecta

algumas falhas no seu circuito de entrada e, portanto, é possível que uma simples falha cause uma perda da função de segurança.

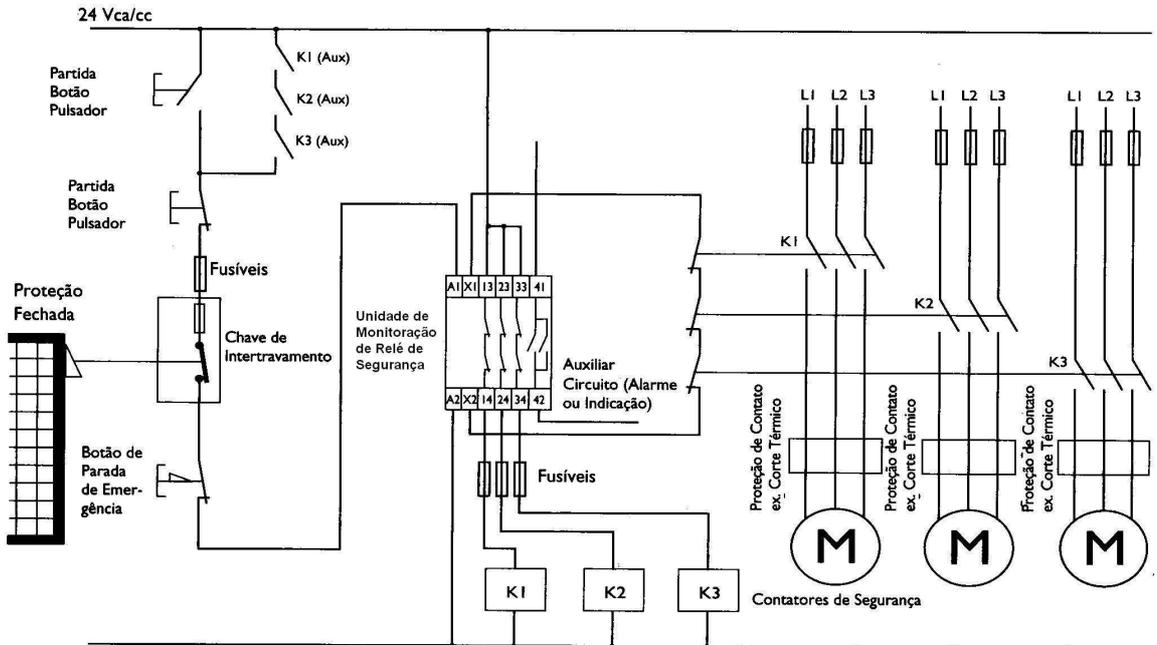


Figura 11 - Intertravamento da Porta de Proteção e Parada de Emergência – Não Monitorado

Fonte: Rockwell Automation

Comentários:

Esse tipo de sistema (Figura 11) é muito usado onde um relé intermediário é exigido entre a chave de intertravamento ou dispositivo de parada de emergência e o(s) contator(es).

Um relé comum não é adequado para este propósito por causa de seus modos de falha. Este é um caso típico onde motores múltiplos então sendo chaveados ou uma capacidade de comutação de corrente mais elevada é necessária. É adequado em aplicações de médio a baixo risco e onde a fiação possa ser protegida de maneira apropriada.

3.3.3 Intertravamento da porta de proteção e parada de emergência - canal duplo - monitoração de uma única falha com - auto reset

Princípio de operação:

A abertura da proteção ou operação do dispositivo de parada de emergência comutará os circuitos de entrada (S13-S14 e S21-S22) para a unidade de relé de segurança e monitoração (Figura 12).

Os circuitos de saída (13-14 e 23-24) farão com que o contator isole a alimentação do motor.

Deteção de falhas:

Uma única falha não causará perda das funções de segurança. Se os contatores K1 ou K2 forem mantidos na posição ON, o motor interromperá o comando para outro contator, mas o relé não poderá ser resetado.

Qualquer falha única detectada nos circuitos de entrada do relé de segurança e monitoração resultará no travamento do sistema para um estado de segurança (OFF) até a próxima operação do respectivo dispositivo de entrada.

Comentários:

Esse tipo de sistema também detecta falhas de curtos-circuitos simultâneos em ambos os conjuntos de contatores das chaves. Este relé é, portanto, adequado para aplicações onde curtos-circuitos ou falhas de aterramento apresentem um nível maior de probabilidade de

ocorrência do que em circuitos abertos como utilizações em superfícies quentes, de atrito etc..

É adequado para algumas aplicações de risco médio para alto e onde a fiação não pode ser totalmente protegida contra todo perigo em potencial.

24 Vca/cc, 110 Vca, 230 Vca

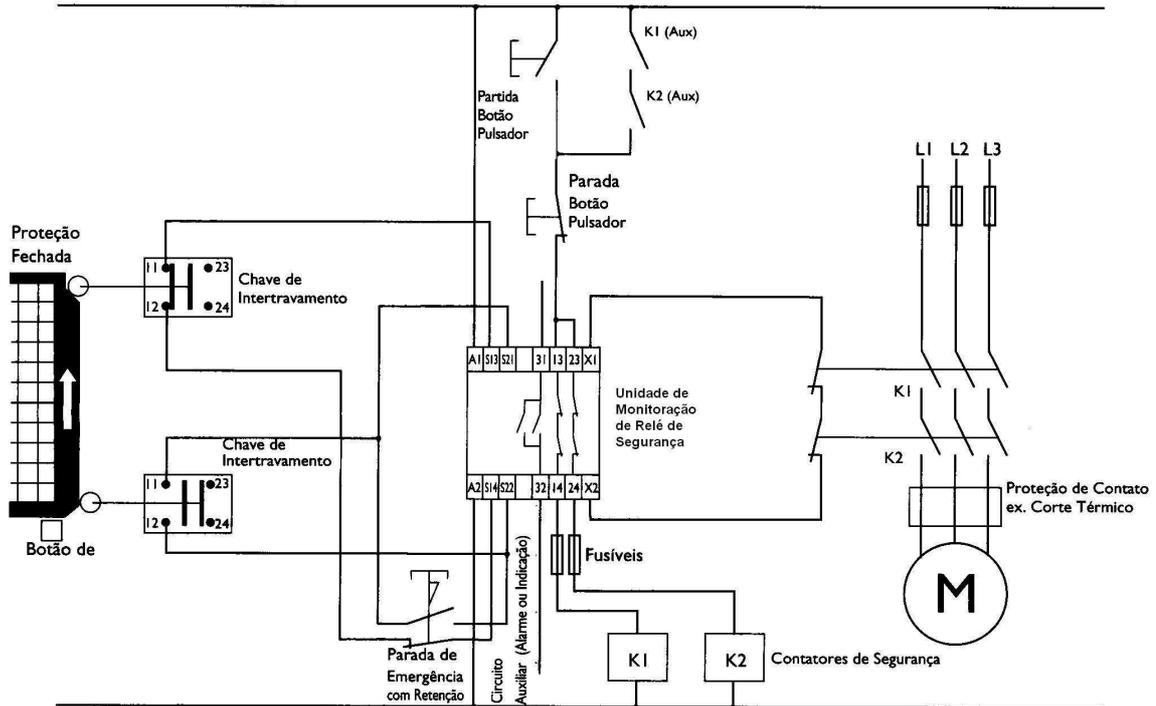


Figura 12 - Intertravamento da Porta de Proteção e Parada de Emergência – Monitoração de Uma Única Falha com Auto-Reset
Fonte: Rockwell Automation

3.3.4 Três intertravamentos de porta de proteção e parada de emergência - canal duplo (I xNA + I xNF) - monitoração de uma única falha

Princípio de operação:

Neste sistema (Figura 13), a abertura de qualquer uma das proteções comutará os circuitos de entrada (S13-S14 e S23-S24) para

a unidade de relé de segurança de monitoração. Os circuitos de saída (13-14 e 23-24) farão com que o contator isole a alimentação dos motores.

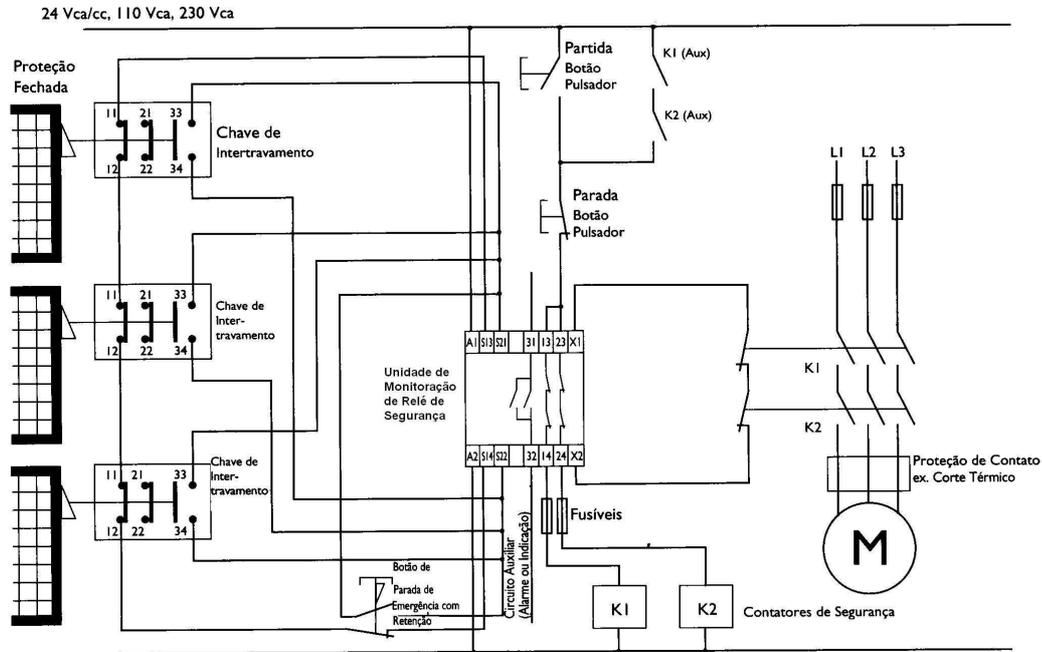


Figura 13 - Três Intertravamentos de Porta de Proteção e Parada de Emergência – Monitoração de Uma Única Falha
Fonte: Rockwell Automation

Detecção de falhas:

Uma única falha não causará perda das funções de segurança. Todas as falhas de segurança, exceto por curto-circuito no conjunto de todos os contadores, menos da 1ª chave aberta e última chave fechada, serão detectadas na próxima abertura da proteção.

Se os contadores K1 ou K2 forem mantidos na posição ON, o motor interromperá o comando para outro contator, mas o relé não poderá ser resetado. Uma única falha detectada nos circuitos de entrada de segurança do relé resultará no travamento do sistema para

um estado de segurança (OFF) até a próxima operação do respectivo dispositivo de entrada.

Comentários:

É recomendado que todas as proteções e chaves de parada de emergência sejam individualmente abertas e fechadas regularmente para criar condições do relé evitar um acúmulo de falhas não detectadas.

Para algumas aplicações de alto risco, especialmente onde a fiação não pode ser totalmente protegida contra todo perigo em potencial, será necessária a instalação de um relé adicional para cada chave.

3.3.5 Chave de travamento de solenóide com sistema de atraso temporizado

Princípio de operação:

Nesse sistema (Figura 14), a proteção é travada na posição fechada até que o solenóide seja energizado, o que só acontece quando os contatos auxiliares do K1 (a) e K2(a) estiverem fechados. Portanto, os contatos de potência do K1 e K2 estarão abertos e a unidade de controle CU1 entrou no tempo de espera durante um período pré-programado.

Nesse estágio, a unidade de indicação remota mostrará que agora a proteção pode ser aberta pela operação do botão de liberação de trava. Quando o mecanismo de travamento for liberado, os

contatores de monitoração 41-42 serão abertos. Esses contatos estão em série com o circuito de controle do contator (K1) e, por isso, evitará a reinicialização, enquanto o solenóide estiver em seu modo destravado. Se a proteção for aberta, os contatos 11-12 e 21-22 serão abertos e também prevenirão a reinicialização enquanto a proteção estiver aberta independentemente do status de trava.

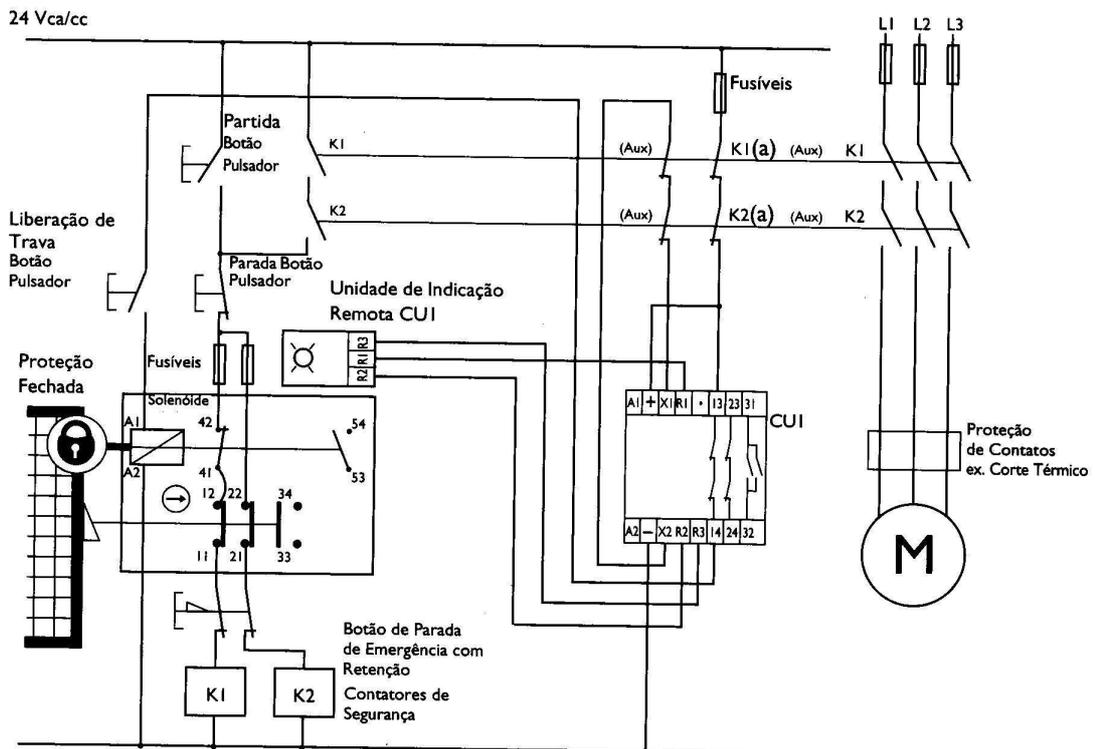


Figura 14 - Chave de Travamento de Solenóide com Sistema de Atraso Temporizado
Fonte: Rockwell Automation

Detecção de falhas:

Se os contatores K1 e K2 estiverem LIGADOS, o motor interromperá seu funcionamento, mas a proteção não poderá ser aberta (portanto a falha será revelada ao operador).

Uma falha de curto-circuito no circuito de energização do solenóide iniciará a PARADA através dos contatos 41-42.

Uma falha de curto-circuito nos terminais 11-42 ou 21-22 não será detectada, porém o motor não poderá ser iniciado enquanto a proteção estiver aberta.

Uma falha de curto-circuito no dispositivo de parada de emergência não será detectada, mas evitará uma parada de emergência.

Uma falha de circuito aberto no circuito de energização do solenóide evitará a abertura da proteção.

Comentários:

Esse sistema é um método prático e eficaz para fornecer uma função de intertravamento da melhor integridade. É adequado para aplicações onde o movimento diminui após o comando de parada, e o tempo que se leva para desacelerar é previsível, consistente e menor que aproximadamente 30 minutos.

A inclusão do botão de liberação de trava significa que o solenóide é energizado apenas quando a abertura da proteção for exigida. Isso previne que as portas de proteção fiquem balançando abertas, toda vez que o botão de parada de controle for pressionado.

3.3.6 Chave de travamento por solenóide e chave de parada de emergência com monitoração de falha única

Princípio de operação:

Nesse sistema (Figura 15), a proteção é travada na posição fechada até que o solenóide seja energizado, o que ocorre quando os

contatos auxiliares do K1 (a) e K2 (a) estiverem fechados, portanto eles estarão abertos e o botão de liberar-travar terá sido pressionado. O solenóide vai para o modo destravado e os contatos de monitoração 41-42 e 51-52 abrem o circuito de entrada para os terminais S13-S14 e S23-S24 do relé, o qual isola os circuitos de controle dos contadores entre seus terminais 13-14 e 23-24.

Quando a proteção é aberta, os conjuntos de contatos operados pela proteção em 11-12 e 21-22 são abertos, para assegurar que as saídas do relé permaneçam no estado OFF enquanto a proteção está aberta. Após o fechamento da proteção, o botão RESET deverá ser pressionado e solto para fechar o circuito de saída para os contadores, os quais podem ser iniciados pelo botão de partida de controle.

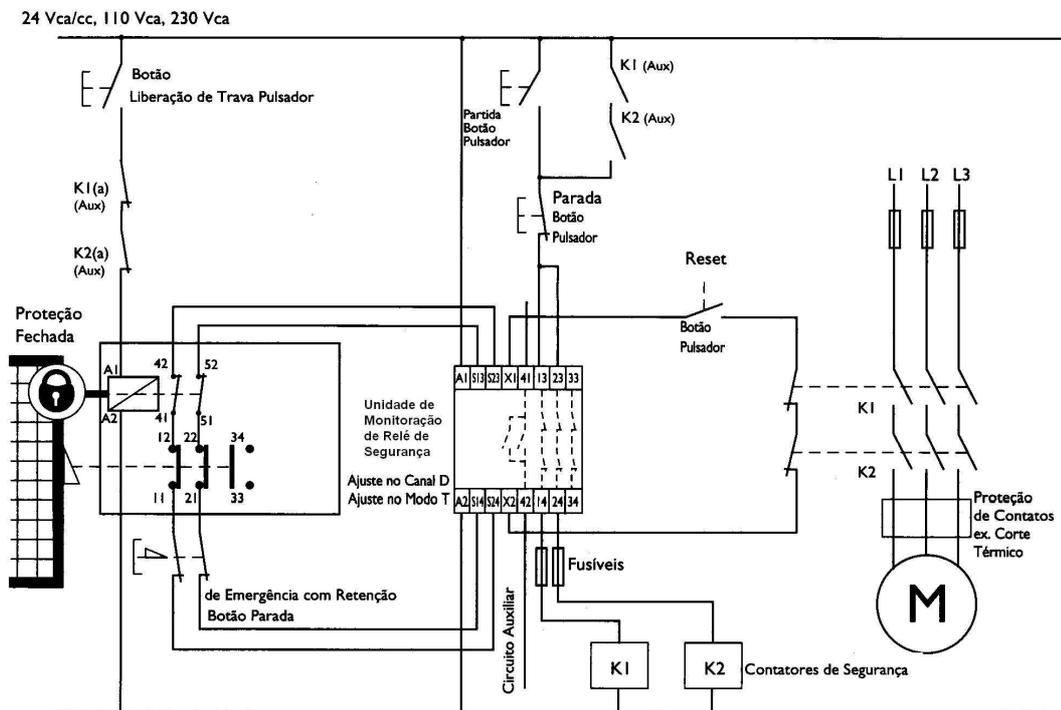


Figura 15 - Chave de Travamento por Solenóide e Chave de Parada de Emergência com Monitoração de falha Única
Fonte: Rockwell Automation

Detecção de Falhas:

Se os contactores K1 e K2 se mantiverem em ON, o motor interrompe seu funcionamento no comando, mas a proteção não poderá ser aberta.

Qualquer falha que provoque a energização do solenóide iniciará uma parada através dos contactos 41-42 e 51-52.

Qualquer falha dentro do relé evitará o fechamento de suas saídas e qualquer falha dentro dos circuitos de entrada e saída do relé será detectada e resultará no travamento do sistema em um estado de segurança (OFF) até a próxima operação do respectivo dispositivo de entrada.

Comentários:

Esse sistema proporciona uma função de intertravamento da melhor integridade e é adequado para muitas aplicações de alto risco. O solenóide é energizado apenas quando a abertura da proteção é exigida.

3.3.7 Chave de travamento por solenóide e chave de parada de emergência com sistema de detecção de parada de movimento

Princípio de operação:

Nesse sistema (Figura 16), a proteção é travada na posição fechada até que o solenóide seja energizado, o que ocorre quando os contactos auxiliares do K1 (a) e K2 (a) estiverem fechados (portanto os contactos de potência em K1 e K2 estão abertos), o sensor CU2

Detecção de falhas:

Se os contatores K1 e K2 se mantiverem em ON, o motor interrompe seu funcionamento no comando, mas a proteção não poderá ser aberta.

Uma única falha que provoque a energização do circuito do solenóide iniciará uma parada através dos contatos 3-9.

Uma única falha dentro do CU2 evitará o fechamento de suas saídas, prevenindo a energização do solenóide.

Uma única falha nos circuitos de entrada e saída do relé resultará no travamento do sistema em um estado de segurança desligado até a próxima operação do respectivo dispositivo de entrada.

Comentários:

Esse sistema proporciona uma função de intertravamento da melhor integridade e é adequado para muitas aplicações de alto risco. É adequado para aplicações onde o movimento diminui após o comando de parada, e o tempo que se leva para cessar não é previsível, consistente ou mais do que aproximadamente 30 minutos.

3.3.8 Chave de travamento por solenóide utilizado com CLP

Princípio de operação:

A proteção é travada até que o solenóide seja energizado, o que ocorrerá só quando o CLP tiver emitido o comando de cessar para que o contato auxiliar K1 (a) seja fechado, portanto, os contatos de potência no K1 estão abertos, e depois emitir um sinal de energização.

Quando o mecanismo de travamento for liberado, os contadores de monitoração 41-42 serão abertos (Figura 17).

Esses contatos estão em série com o circuito de controle do contator (K1) e, por isso, evitarão o reinício enquanto o relé estiver em seu modo destravado.

Se a proteção for aberta, os contatos 11-12 serão abertos e prevenirão a reinicialização enquanto a proteção estiver aberta independentemente do status de trava.

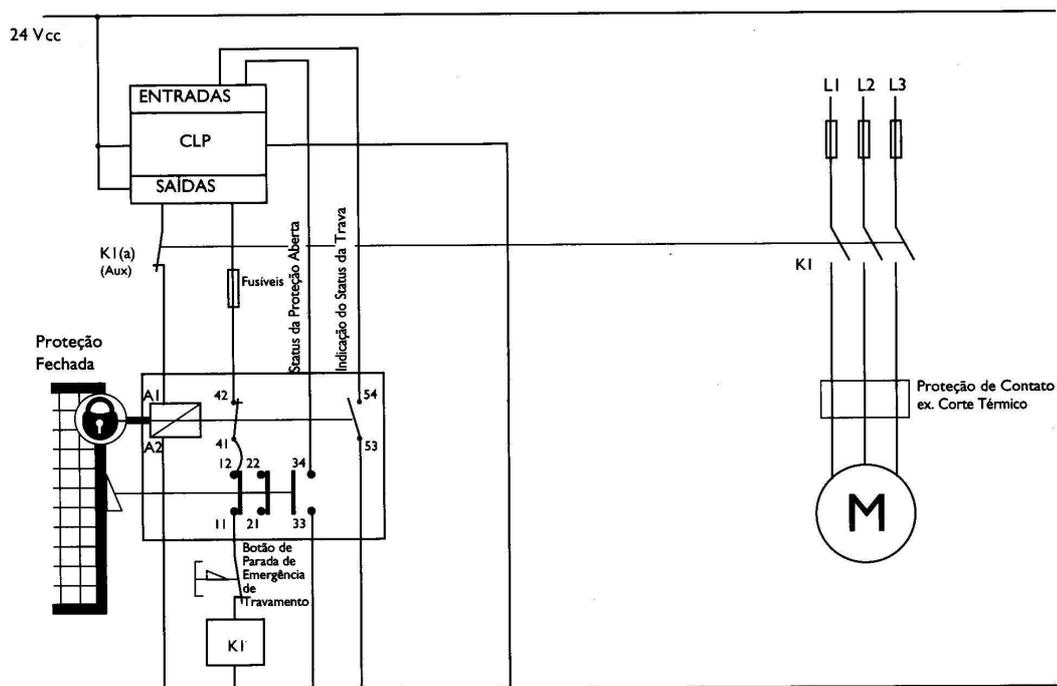


Figura 17 - Chave de Travamento por Solenóide Utilizando um CLP
Fonte: Rockwell Automation

Detecção de falhas:

Se o CLP emitir um sinal prematuro de energização ao solenóide, o relé não destravará até que K1 seja fechado.

Se o contator K1 se mantiver na posição ON, o motor continuará a funcionar, mas a proteção não poderá ser aberta.

Uma falha de curto-circuito no circuito de energização do solenóide iniciará uma parada através dos contatos 42-41. Uma falha de curto-circuito nos terminais 42-11 não será detectada.

Uma falha de curto-circuito no dispositivo de parada de emergência não será detectada.

Uma falha no circuito aberto do circuito de energização do solenóide evitará a abertura da proteção.

Comentários:

A proteção apenas pode ser aberta através de um comando do CLP, portanto um desligamento seqüencial temporário é assegurado e nenhum prejuízo de ferramenta ou desordenamento de programa ocorrerá.

CONSIDERAÇÕES

FINAIS

4.1 Conclusões

O impacto do acidente de Trabalho na sociedade e na vida do próprio trabalhador é demasiado para que medidas de prevenção para redução ou eliminação dos riscos sejam negligenciadas e, para que estas medidas de prevenção tenham o resultado esperado, particularmente na operação de máquinas e equipamentos, há a necessidade de uma análise de riscos eficiente e reveladora, que resulte na obtenção de um grau de risco, imprescindível para a escolha das medidas a serem adotadas.

Qualquer tipo de dispositivo de proteção que seja escolhido contém muitos elementos, incluindo o dispositivo de proteção, fixação, dispositivo de chaveamento de alimentação, no caso de intertravamento elétrico e algumas vezes, parte do sistema de controle operacional da máquina ou equipamento em questão, havendo uma

possibilidade real de falha envolvendo cada dispositivo isoladamente ou o sistema de proteção como um todo. Daí a necessidade de separar os dispositivos elétricos de proteção em categorias, dependendo do nível de integridade exigido pelo sistema de segurança. Também deve-se ressaltar que os dispositivos utilizados nestes sistemas de segurança devem possuir um nível de integridade maior do que os utilizados nos processos produtivos convencionais.

Finalizando, conclui-se que hoje, no mercado nacional, encontram-se dispositivos elétricos suficientes para a obtenção de soluções seguras que atendam ao nível de integridade exigida para a diminuição ou eliminação dos riscos gerados pela operação de máquinas e equipamentos industriais, devendo estes circuitos elétricos, serem vistos como alternativa viável e segura.

4.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Sugere-se que este trabalho tenha uma continuidade a fim de que se possa comprovar na prática a análise teórica realizada, através de estudos de caso em empresas que adotam esta linha de conduta na luta por ambientes industriais seguros.

Também é necessário uma abordagem mais humanística sobre o comportamento do trabalhador frente a estas medidas de segurança em máquinas e equipamentos, confrontando-se o nível da redução do risco com a produtividade e satisfação do trabalhador com tais medidas.

BIBLIOGRAFIA

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
Cadastro de Acidentes: NB 18, 1975.

ARAUJO, Djair Cesario Deent. A Influência da Tecnologia Sobre os Acidentes de Trabalho. Porto Alegre - UFRGS, 1989. 108 p. Dissertação (mestrado): Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Ciências Econômicas. Programa de Pós-Graduação em Administração, Porto Alegre.

Convenção Coletiva de Melhoria das Condições de Trabalho em Prensas e Equipamentos Similares, Injetoras de Plástico e Tratamento Galvânico de Superfícies nas Indústrias Metalúrgicas no Estado de São Paulo – São Paulo, 2004.

COSTELLA, Marcelo Fabiano. Análise dos Acidentes do Trabalho e Doenças Ocorridos na Atividade de Construção Civil no Rio Grande Do Sul em 1996 e 1997. Porto Alegre - UFRGS, 1999. 149 p. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.

Estrutura e Apresentação de Monografias, Dissertações e Teses - MDT, 5ª Edição Revisada UFSM, Santa Maria, 2000

GIL, Antonio Carlos. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. São Paulo: Atlas, 1999.

INSTITUTO NACIONAL DO SEGURO SOCIAL (INSS). Boletim Estatístico de Acidentes de Trabalho. Brasília, 1998.

GOLDMAN, C.F.. Análise de Acidentes de Trabalhos Ocorridos na Atividade da Indústria Metalúrgica e Metal Mecânica no Estado do Rio Grande do Sul em 1993 e 1997 – Breve Interligação sobre o Trabalho do Soldador. Porto Alegre - UFRGS, 2002. 108 p. Dissertação (mestrado):Universidade Federal do Rio Grande Do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre.

MELLO, J. F. S. et al. Trauma do membro superior e mão em acidentes do trabalho, IN: Revista da Associação Médica do Rio Grande do Sul, 1993.

MENDES, R. Máquinas e acidentes de trabalho, Coleção Previdência Social, Volume 13, 2001.

PARDINI Jr. A. G.; TAVARES, K. E. e FONSECA NETO, J. A. Lesões da mão em acidentes de trabalho: análise de 1.000 casos. Revista Brasileira de Ortopedia, 1990.

POPPER, Karl. A lógica da pesquisa científica. São Paulo, 1993.

ROCKWELL AUTOMATION, Segurança, Catálogo Técnico, 2003 –
São Paulo

SANTOS, U. P. et al. Sistema de Vigilância Epidemiológica para
Acidentes do Trabalho: Experiência na Zona Norte do Município de
São Paulo (Brasil). IN: Revista de Saúde Pública, 24(4): 286-93, 1990.

SILVA, E. L., Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação,
3ª Edição Revisada UFSC, Florianópolis, 2001

ZOCCHIO, A. Segurança em Trabalhos com Maquinaria, São Paulo,
LTr, 2002