

1. ASPECTOS DE SEGURANÇA EM PROJETOS COM CLPS

Grande parte das plantas industriais e de linhas de fabricação podem causar acidentes que resultam em danos físicos e materiais. É de responsabilidade, portanto, dos empregadores e trabalhadores, assegurarem que nenhum dano venha acontecer a uma pessoa como resultado de sua atividade profissional em uma indústria.

Em caso de acidentes, no Brasil observam-se os seguintes códigos para atribuir responsabilidades civis e criminais em caso de acidente de trabalho:

Responsabilidade Civil

- Artigo 30, da Lei de Introdução ao Código Civil Brasileiro:

"Ninguém se escusa de cumprir a lei, alegando que não a conhece."

- Artigo 159:

"Aquele que por ação ou omissão voluntária, negligência, imprudência ou imperícia, causar dano a outra pessoa, obriga-se a indenizar o prejuízo."

- Artigo 932:

São também responsáveis pela reparação civil:

III - o empregador ou comitente, por seus empregados, serviçais e prepostos, no exercício do trabalho que lhes competir, ou em razão dele;

- Artigo 157 da CLT:

"Cabe às empresas

I. Cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho;

II. Instruir os empregados, através de Ordens de Serviço, quanto às precauções a tomar no sentido de evitar acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais;

III. Adotar as medidas que lhe sejam determinadas pelo órgão regional competente;

IV. Facilitar o exercício da fiscalização pela autoridade competente."

- Súmula 229 do Supremo Tribunal Federal

"Indenização Acidentária - Exclusão do Direito Comum - Dolo ou Culpa Grave do Empregador - A indenização acidentária não exclui a do direito comum, em caso de dolo ou culpa grave do empregador."

- Decreto 3.048 - Regulamento da Previdência Social:

Artigo 338. A empresa é responsável pela adoção e uso de medidas coletivas e individuais de proteção à segurança e saúde do trabalhador sujeito aos riscos ocupacionais por ela gerados.

Artigo 341. Nos casos de negligência quanto às normas de segurança e saúde do trabalho indicadas para a proteção individual e coletiva, a previdência social proporá ação regressiva contra os responsáveis.

Artigo 342. O pagamento pela previdência social das prestações decorrentes do acidente a que se refere o art. 336 não exclui a responsabilidade civil da empresa ou de terceiros.

Artigo 343. Constitui contravenção penal, punível com multa, deixar a empresa de cumprir as normas de segurança e saúde do trabalho.

Responsabilidade Criminal

- Artigo 18 do Código Penal:

"Diz-se do crime:

Culposo - quando o agente deu causa ao resultado por imprudência, negligência ou por imperícia."

- Artigo 121 do Código Penal:

§ 3º Se o homicídio é culposo: Pena - detenção, de um a três anos.

Aumento de pena:

§ 4º No homicídio culposo, a pena é aumentada de 1/3 (um terço), se o crime resulta de inobservância de regra técnica de profissão, arte ou ofício, ou se o agente deixa de prestar imediato socorro à vítima, não procura diminuir as conseqüências do seu ato, ou foge para evitar prisão em flagrante

- Artigo 132 do Código Penal:

Expor a vida ou a saúde de outrem a perigo direto e iminente:

Pena - detenção, de três meses a um ano, se o fato não constitui crime mais grave.

- Decreto nº 2172/97 - Regulamento dos Benefícios da Previdência Social

Art. 157. A empresa é responsável pela adoção e uso das medidas coletivas e individuais de proteção à segurança e saúde do trabalhador.

§ 1º Constitui contravenção penal, punível com multa, deixar a empresa de cumprir as normas de segurança e saúde do trabalho

Normas Regulamentadora NR12

Com intuito de adequar as máquinas e equipamentos a uma situação de risco admissível foram elaboradas normas regulamentadoras, como a NR10, NR12, NR32 entre outras, todas definidas pelo Ministério do Trabalho, e disponíveis para consulta em sua página na internet: <http://www.mte.gov.br>. Para segurança de máquina e equipamentos, tem-se a “NR12- Segurança no Trabalho de Máquinas e Equipamentos”.

A definição de segurança segundo a ABNT ISO/IEC é “a ausência de risco inaceitável de danos”, assim um dos objetivos das normas regulamentadoras criadas pela ministério do trabalho é manter pessoas, propriedades e ambientes em uma condição de risco tolerável.

A norma regulamentadora número 12 e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos [MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2010]. Esta norma possui caráter de lei, ou seja, é obrigatória tendo caráter fiscalizatório sob pena de interdição e multa do usuário.

A NR12 se baseia na concepção que as máquinas devem atender ao princípio de falha segura, ou seja, em caso de falha a máquina deve ser levada a um estado seguro. Para isso fica evidenciada a necessidade de sistemas de segurança que atendam um grau de confiabilidade medido pela categoria de segurança, definido em seguida. Para todo este atendimento é preciso estar em conformidade com as normas técnicas vigentes e utilização de produtos certificados.

Em vista das forças legais e normas em questão, nota-se que o profissional da área da automação é responsável por eventuais acidentes que aconteçam em processos sob sua responsabilidade técnica sendo, portanto, passível de condenação.

Uma forma de se minimizar a possibilidade de acidentes de trabalho provocados tanto por falhas de equipamentos quanto por omissão voluntária, negligência, imprudência ou imperícia de trabalhadores é o projeto de sistemas de automação com nível de segurança adequado, ou seja, um projeto de automação seguro.

Em geral, frente a uma emergência causada por mau funcionamento (travamento, um desalinhamento de componentes) ou alguma situação perigosa para o trabalhador (risco de choques elétricos ou físicos) se faz necessária a interrupção da seqüência de operação de uma determinada máquina.

Quando se utiliza um CLP no projeto de automação, deve-se ter em mente que ele é passível de apresentar potenciais situações perigosas, de diferentes formas.

A primeira a ser considerada e provavelmente a mais comum é o erro nas linhas lógicas do programa. Um erro pode ser resultado da incompreensão do projetista do software, ao não compreender que o equipamento poderia ter ações perigosas.

Devem-se considerar adicionalmente eventuais modificações executadas por pessoas que deliberadamente ou acidentalmente removeram proteções para inibir os intertravamentos da máquina, de forma a colocar a mesma em funcionamento sem ter corrigido as falhas do sistema, e portanto, de forma insegura.

A segunda possibilidade é a causa de falhas dos cartões de entradas e saídas, em particular os componentes conectados diretamente no campo, que podem ser expostos a altas tensões e a interferências eletromagnéticas. Os cartões de saída a triac, tiristor e transistor podem sofrer com sobre correntes ou curtos-circuitos. Este tipo de falha de cartões não pode ser previsto. Neste caso o PLC será incapaz de controlar as saídas.

Similarmente o sinal em um cartão de entrada pode falhar tanto no estado ON ou OFF, deixando o PLC a desconsiderar um possível sinal importante.

Outro possível modo de falha é no próprio CLP. Pode-se classificar neste caso a falha em hardware, software ou falha ambiental. A falha do hardware pode ser localizada na fonte de alimentação, no processador ou CPU, na memória ou em outros componentes físicos. Algumas destas falhas terão efeito previsível: a fonte de alimentação falhando causará o desligamento do CLP e de todas as saídas. Efeitos ambientais podem surgir de peculiaridades da instalação tais como poeira, temperatura e vibração.

O último caso de falha é por interferência elétrica. Internamente, quase todos os CLPs trabalham com 5 Volts de tensão para a sinalização digital, entretanto são rodeados externamente por sistemas de alta tensão e alta corrente, que provocam interferências e podem, em casos extremos, até corromper a memória interna do PLC. Frente a este cenário, é comum que os CLPs possuam proteção contra corrupção de memórias, interferências externas e ruídos.

Frente ao exposto, deve-se considerar que não existe um processo de segurança absolutamente seguro para a proteção do sistema de automação e de produção, entretanto é sempre possível identificar meios e fatores que resultem em condição insegura, de forma a se minimizar tais fatores já em projeto.

Pode-se considerar como um bom sistema de segurança associado ao uso do CLP a especificação do circuito elétrico normalmente fechado de emergência (botão de parada) em serie com a alimentação das saídas do CLP e os atuadores. Ou seja, a parada de emergência causa o desligamento imediato das saídas, independentemente da ação da CPU do CLP. Um contato que indica o estado deste circuito deve também estar ligado a uma entrada do CLP, para indicar que o sistema de segurança foi acionado. Esta entrada deve pelo programa também causar o desligamento das saídas. Assim, o sistema tem a necessidade de acionamento manual para retorno à condição segura, além da necessidade de se remover o sinal de emergência para recomençar a operação.

É importante notar que um sistema efetivo de proteção física pode reduzir os requisitos do sistema de parada de emergência por reduzir a exposição de operários às partes e condições perigosas.

Técnicas de paradas de emergência aplicadas a CLP

Para elaboração de um sistema instrumentado de segura, são necessários os seguintes elementos, que instalados de maneira adequada coloquem uma determinada aplicação em um estado seguro caso haja um evento de uma situação perigoso:

- sensores: botões de emergência, chaves fim-de-curso, cortinas de luz, comando bi-manual, etc;
- unidades lógicas avaliadoras: relés de segurança, CLPs de segurança, etc;
- elementos finais (atuadores): contatores ou válvulas redundantes, etc

As cortinas de luz, funcionam como barreira de proteção invisível para o operador em áreas perigosas, que quando ultrapassada a barreira, emite um sinal elétrico para o controlador, para que esse tome a ação necessária. Outros sensores que funcionam de forma similar à cortina de luz são a barreira de luz, o scanner e os tapetes de segurança.

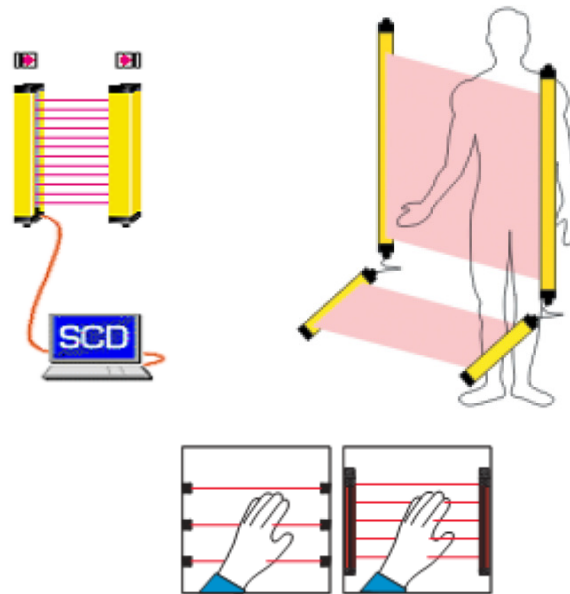


Figura 4.50. Cortina de luz

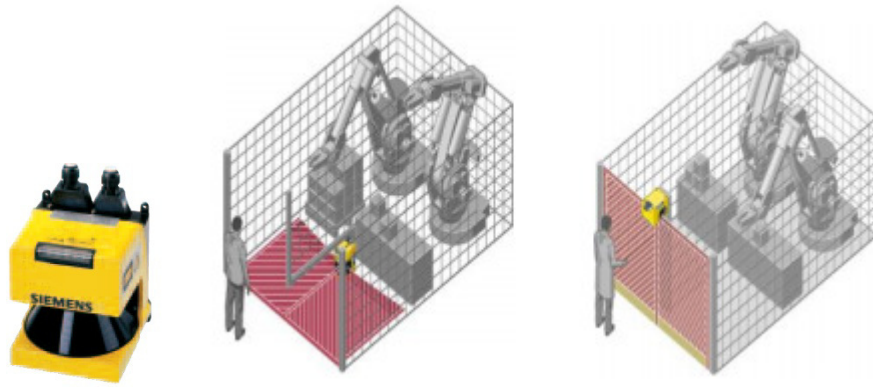


Figura 4.51. Scanner

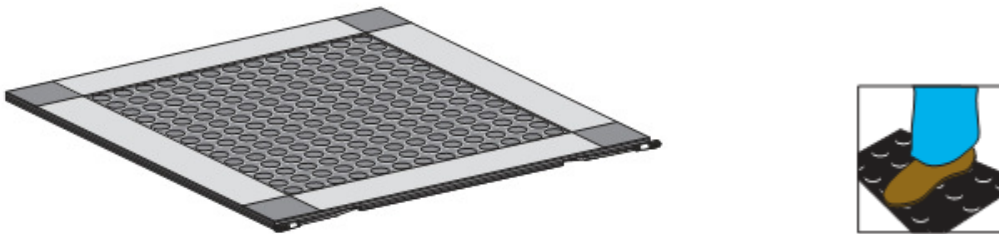


Figura 4.52. Tapete de Segurança

Para proteções mecânicas são comumente utilizados as chaves de fim de curso, os sensores magnéticos e as chaves com lingüeta. Estes tipos de dispositivos são utilizados para indicar se as partes mecânicas estão nas posições corretas (portas, por exemplo).



Figura 4.53. Chave magnética de segurança



Figura 4.54. Chave mecânica de segurança



Figura 4.55. Chave de fim de curso

Para se garantir a segurança dos operadores durante movimentos perigosos de máquinas, utilizam-se controles do tipo pedal, botões de liberação de duas ou três posições e botões bi-manual.



Figura 4.56. Pedais de segurança



Figura 4.57. Comando bi-manual



Figura 4.58. Botão de liberação

Além destes recursos, toda máquina possui, conforme mencionado anteriormente, botões para parada de emergência com trava. Há também os modelos acionados por cabo.

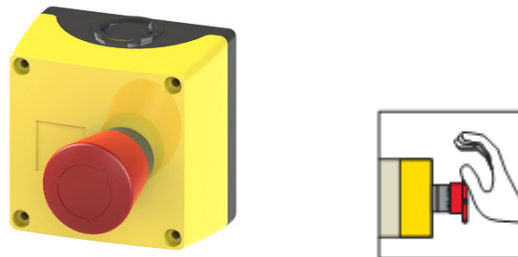


Figura 4.59. Botão de parada de emergência



Figura 4.60. Dispositivo de parada de emergência com acionador por cabo

Unidades lógicas: Relés e CLPs de segurança

Para receber o sinal de qualquer um dos dispositivos de emergência citados e atuação nos atuadores de segurança, é recomendado o uso de relés ou de CLPs de segurança, pois são fabricados com uma eletrônica avançada e proteções para se eliminar o risco de falhas internas como: atuador com contatos de saída colados, curto-circuito no sensor, identificação de circuito aberto ou curto-circuito entre terra e circuito do sensor e curto-circuito no circuito do comando de entrada de ativação. O relé de segurança é empregado em geral somente no monitoramento de condições de segurança, centralizando as funções de segurança.

Cada dispositivo de parada de emergência, como os citados neste capítulo possuem uma categoria de segurança (SIL) que deve ser compatível com o nível de risco que ele previne.



Figura 4.61. Relés e CLP de segurança

A diferença dos controladores seguros para os padrões, além da eletrônica redundante, são os recursos de programação como blocos funcionais e bibliotecas de programação com certificação internacional. Além disso, esses equipamentos são certificados por órgãos competentes.

Atuadores de segurança

Válvulas e cilindros para sistemas pneumáticos e hidráulicos certificados devem ser utilizados em aplicações de segurança.

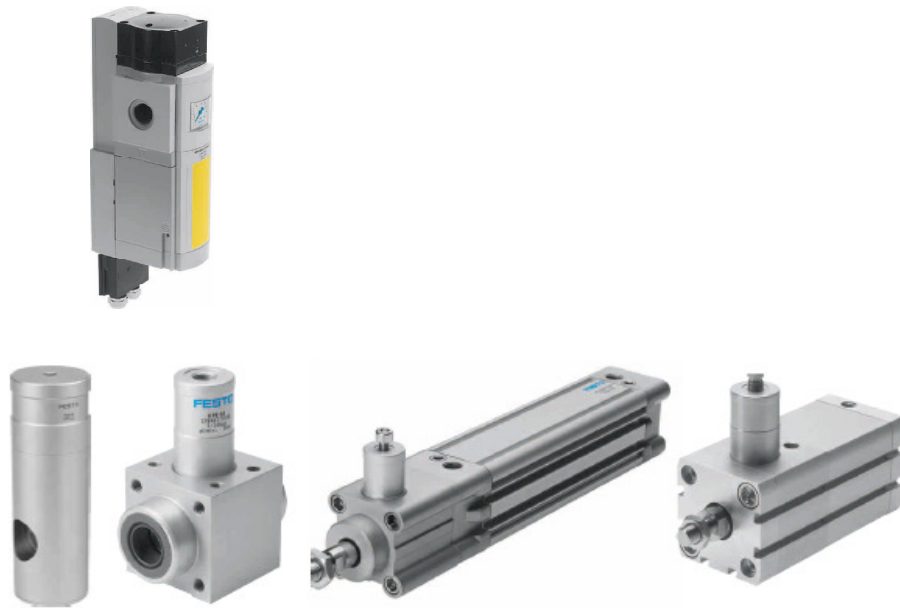


Figura 4.62. Válvulas e cilindros de segurança

Em acionamentos de motores elétricos podem ser utilizados contadores em redundância, inversores de frequência *safety* entre outros.



Figura 4.63. Atuadores para acionamentos de motores de segurança

Níveis de Segurança Funcional

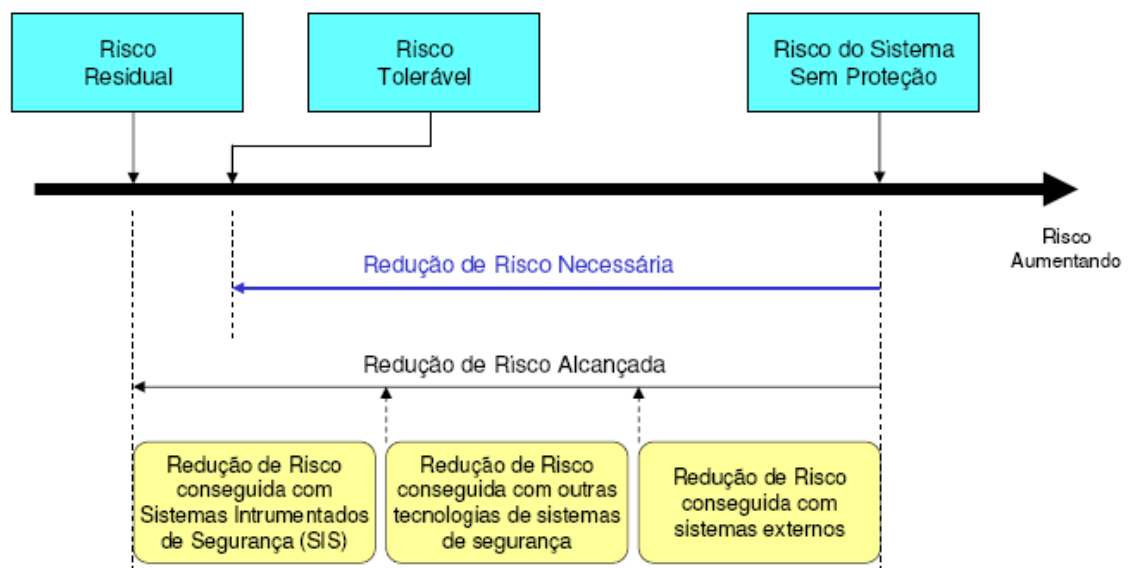
Antes de aplicar um sistema de segurança em um processo ou máquina, deve ser realizada uma análise de risco da aplicação, que determina o perigo e o possível resultado que

pode ocorrer caso uma falha ocorra. Esse perigo representa um risco tanto para pessoas, como também para a máquina e o meio ambiente.

Após determinação do risco, deve ser implementado um sistema de segurança adequada para reduzir o risco de acidente a uma condição aceitável.

De acordo com as normas EN/IEC 61508 e EN/ISO 13849-1, a redução de riscos define-se por:

- A segurança é obtida pela redução dos riscos (perigos que não podem ser completamente evitados).
- Risco residual é o risco que permanece após todas as medidas de proteção serem adotadas.
- Medidas de proteção adotadas pelo uso de sistemas de segurança elétricos, eletrônicos e eletrônicos programáveis contribuem para a redução de riscos.



De acordo com a norma EN ISO 13849-1, o risco atribuído a determinada operação perigosa é dado por:

Freqüência e duração da exposição ao perigo **Fr** + Probabilidade da ocorrência do perigo **Pr** + Probabilidade de se evitar ou minimizar o perigo **Av** = **CI**

Risco de uma operação perigosa = (Severidade do possível dano **Se**) E **CI**

Risco = Se E (Fr + Pr + Av = CI)

Severidade do possível dano	Se
Irreversível: morte, perda de braço, olho	4
Irreversível: fratura ou amputação de um dedo	3
Reversível: requer atendimento médico urgente	2
Reversível: requer primeiros socorros	1

Frequência da exposição ao perigo com duração de mais de 10 minutos	Fr
Menor que 1 hora	5
Entre 1 hora e 1 dia	5
Entre 1 dia e 2 semanas	4
Entre 2 semanas a 1 ano	3
Maior que 1 ano	2

Probabilidade da ocorrência do perigo	Pr
Muito alta	5
Provável	4
Possível	3
Rara	2

Desprezível	1
-------------	---

Probabilidade de se evitar ou minimizar o perigo	Av
Impossível	5
Rara	3
Provável	1

Conseqüências	Se	Classe CI				
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
Morte, perda de braço, olho	4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3
Amputação de um dedo	3	Outra medida		SIL1	SIL2	SIL3
Reversível: atendimento médico	2	Outra medida			SIL1	SI2
Reversível: primeiros socorros	1	Outra medida				SIL1

Cada equipamento de segurança é então classificado de acordo com seu SIL (Safety Integrity Level, Nível de Integridade de Segurança), dependente de sua probabilidade de falha por hora ou por demanda, arquitetura de hardware (redundância, tolerância a falhas) e uma série de outros requisitos de engenharia. A classificação do equipamento é então dada por:

SIL	Probabilidade de Falha por Hora	Probabilidade de Falha na Demanda	Fator de Redução de Risco	Performance Level (PL)
-	Entre 10^{-5} e 10^{-4}	-	-	a
SIL 1	Entre 3×10^{-6} e 10^{-5}	Entre 10^{-1} e 10^{-2}	>10	b

SIL 1	Entre 10^{-6} e 3×10^{-6}	Entre 10^{-1} e 10^{-2}	>10	c
SIL 2	Entre 10^{-7} e 10^{-6}	Entre 10^{-2} e 10^{-3}	>100	d
SIL 3	Entre 10^{-8} e 10^{-7}	Entre 10^{-3} e 10^{-4}	>1000	e

Pode-se classificar também a categoria de segurança de máquinas a partir da EN954-1 / NBR14153, conforme mostra a tabela abaixo.

	Resumo dos Requisitos	Comportamento do Sistema	Princípios
B	O controle deve ser projetado de forma a suportar as influências/ conseqüências esperadas	Uma falha pode levar à perda da função de segurança	Caracteriza-se principalmente pela seleção de componentes.
1	Deve-se cumprir os requisitos da Cat. B; princípios e componentes de segurança testados devem ser usados	Uma falha pode levar á perda da função de segurança, mas a probabilidade de ocorrência é baixa.	
2	Deve-se cumprir os requisitos da Cat. B; as funções de segurança devem ser testadas pelo sist. de controle, com intervalos de tempo adequados.	Uma falha pode levar à perda da função de segurança, que é detectada na próxima verificação.	Caracteriza-se principalmente pela estrutura de controle.
3	Deve-se cumprir os requisitos da Cat. B. Um falha única não causa a perda da função de segurança.	A função de segurança permanece ativa quando uma falha única ocorre. Somatória de falhas pode levar à perda da função de segurança.	
4	Deve-se cumprir os requisitos da Cat.B. A falha individual deve ser Identificada quando da próxima atuação da função de segurança.	A função de segurança permanece ativa quando uma falha única ocorre. Falhas são detectadas para prevenir uma perda da função de segurança.	

Tabela – Categorias de Segurança de acordo com a EN954-1 / NBR14153 [SIEMENS, 2005]

A correlação entre as categorias descritas e os níveis SIL se dá portanto por:

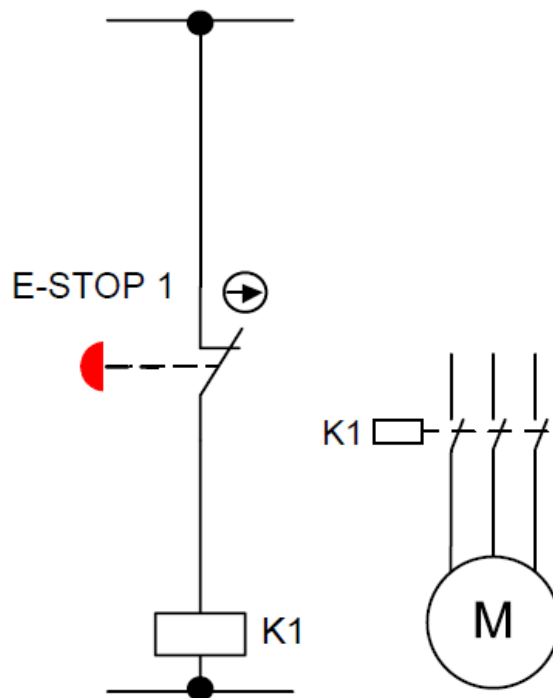
- PL a / Cat B
- PL b / Cat. 1
- PL c / SIL 1 / Cat. 2
- PL d / SIL 2 / Cat. 3
- PL e / SIL 3 / Cat. 4

Exemplos de sistemas de segurança

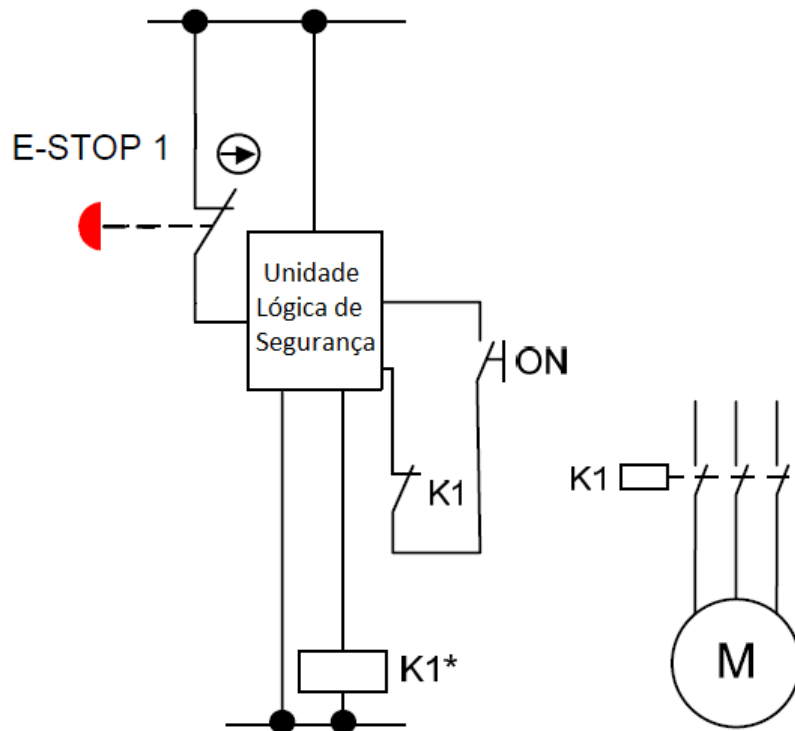
Os exemplos adiante apresentam adequação de uma partida direta de motor por lógica a relé, sem a utilização de um CLP, como já apresentado anteriormente, abordando em detalhes algumas precauções para adequação a NR12.

Após a identificação da categoria de segurança da máquina ou aplicação, alguns exemplos para adequação da máquina podem ser tomados:

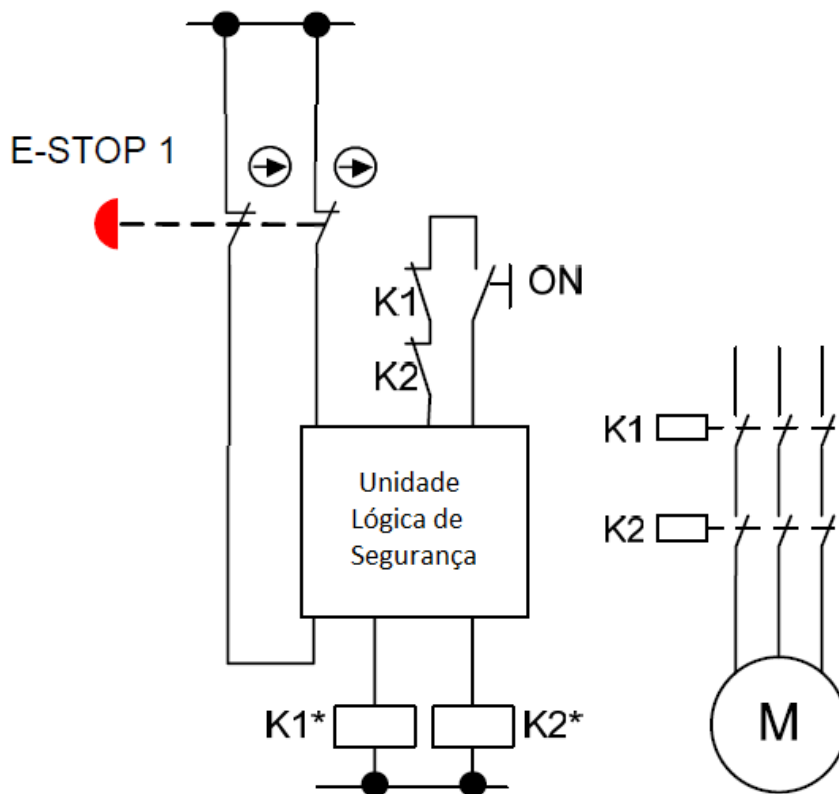
Categoria 1



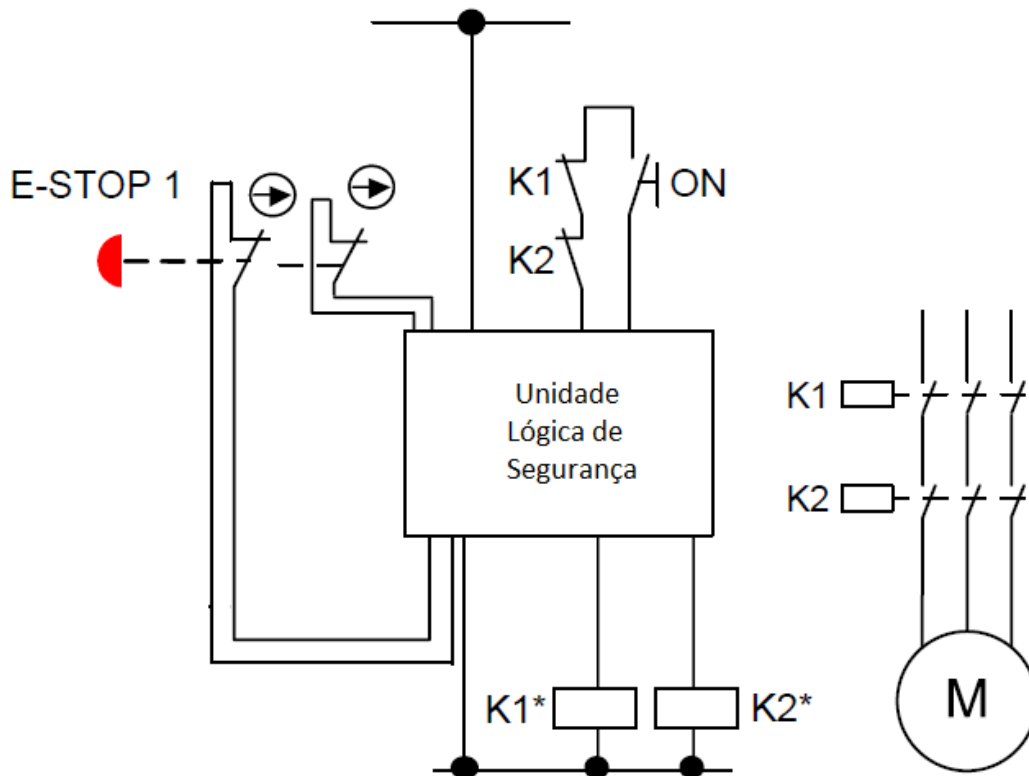
Categoria 2



Categoria 3



Categoria 4



A figura adiante é uma versão revisada do projeto de um acionamento de motor implementado com um CLP. A chave seccionadora pode ser reintegrada com contato auxiliar, e este conectado a uma entrada do PLC, deve-se especificar a utilização de contato normalmente fechado (NF) tanto para o comando de parada quanto para o de parada de emergência. Um contato auxiliar foi acrescentado na partida, ele é usado como selo no programa do CLP. A parada de emergência é instalada diretamente na saída e é independente do programa do CLP. Na liberação, o motor não deve religar (o contato auxiliar de selo do programa terá sido desligado). Uma perda da fonte dos cartões de entrada implica que o programa entenda que o botão de parada foi pressionado, e o motor vai parar. Este projeto com CLP é seguro, e atende categoria 1 na adequação de risco a situações inseguras.

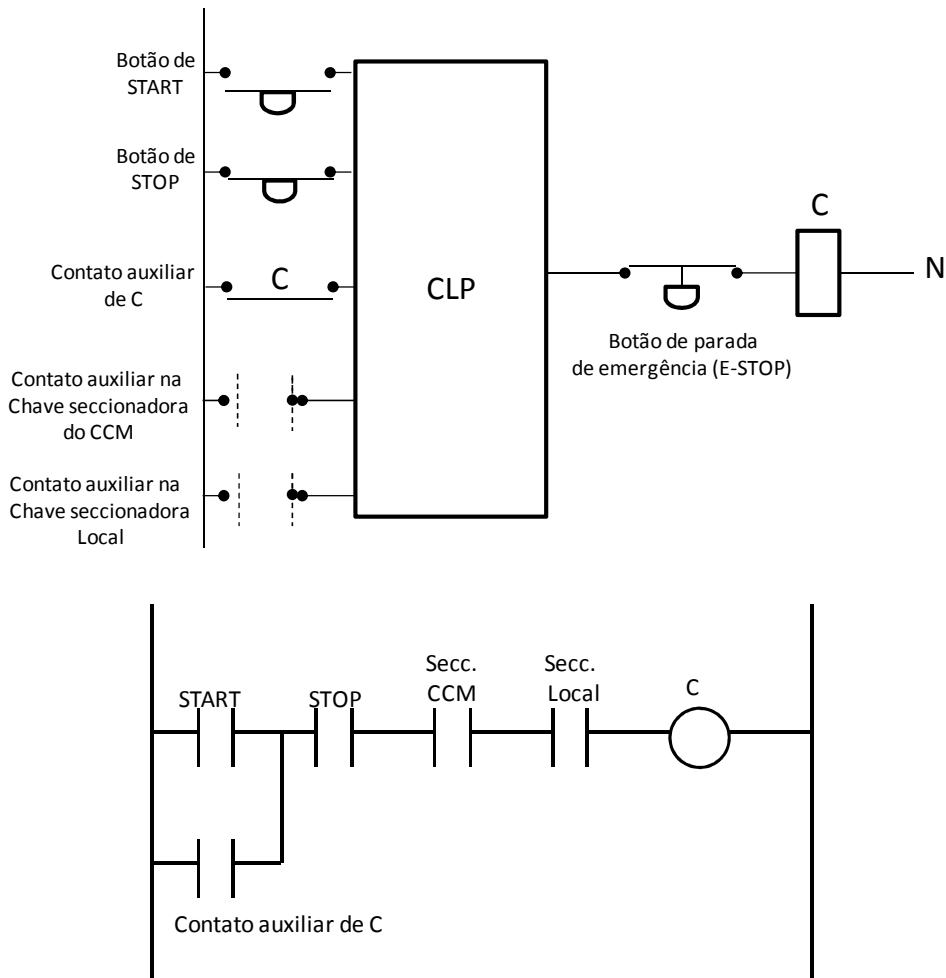


Figura 4.48. Projeto equivalente seguro para categoria 1

A próxima figura apresenta uma ideia similar usada para desabilitar um sistema hidráulico (muito semelhante a um sistema pneumático) quando o operador abre uma proteção de acesso a máquina.

A proteção instantaneamente remove a alimentação dos cartões de saída do CLP, dirigindo todos os solenóides para serem desenergizados independentemente da ação do CLP. Além disso, uma entrada separada do PLC faz o software desabilitar as saídas.

Um dos solenóides é a válvula de carga de um ponto de distribuição de fluido que, quando desenergizado, faz a pressão naquele elemento cair para zero. Esta pressão é monitorada por dispositivos de sinalização luminosos.

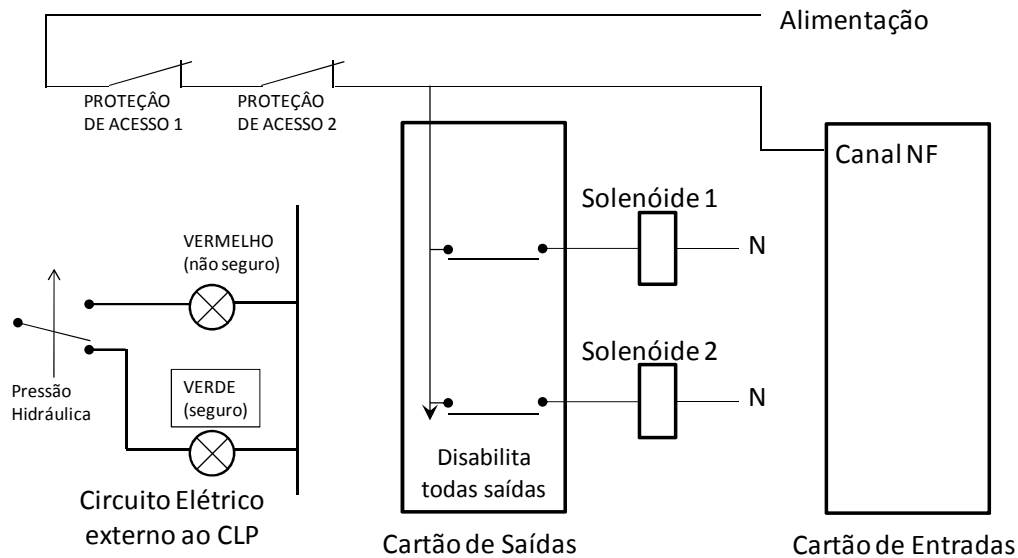
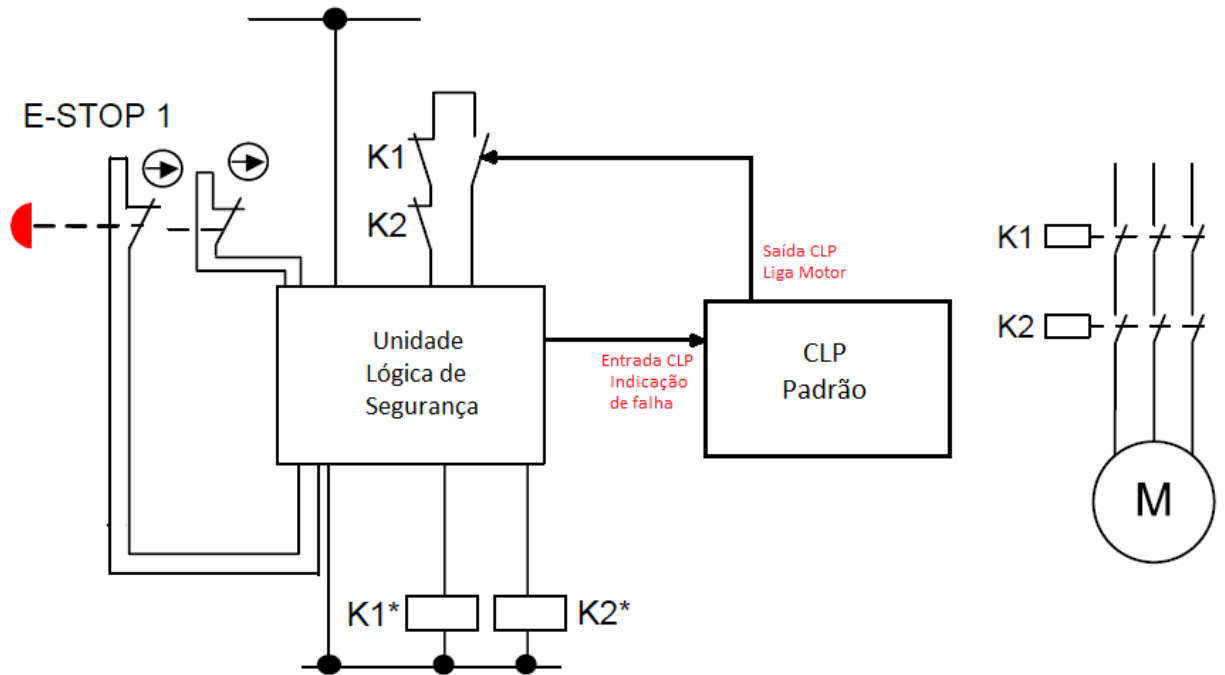


Figura 4.49. Projeto seguro com sistema hidráulico

Apesar de esses exemplos serem simples, a necessidade de análises e considerações é idêntica em sistemas mais complexos.

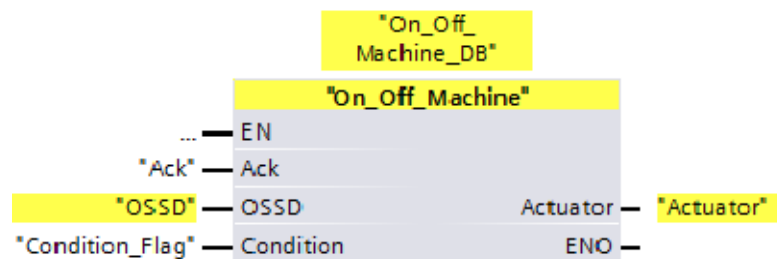
É importante notar que as funções de segurança em geral são baseadas em sensores e circuitos normalmente fechado (NF), para que a máquina pare imediatamente se ocorrer uma falha no sistema de segurança (abertura no circuito, dano físico no botão de emergência ou de parada). Os sensores que estão relacionados aos movimentos de avanço e partida devem ser do tipo normalmente aberto (NA), para que no caso de uma falha no circuito ou nos sensores (abertura do circuito), a máquina não avance.

Para alcançar níveis superiores de categoria de segurança em aplicações, pode ser utilizado um CLP padrão, para o controle do processo ou máquina, em conjunto com um relé de segurança, que atua como unidade lógica de segurança. A figura abaixo mostra um exemplo.



Atualmente o sistema de segurança pode ser integrado ao sistema de controle de máquinas e processos utilizando uma mesma unidade central de processamento (CPU). CLPs de segurança podem ser utilizados nessas aplicações, onde conjugam funções seguras com funções não-seguras, atingindo níveis de segurança SIL3 ou categoria 4 em máquinas. Estes equipamentos possuem sistemas de operação e componentes de hardware projetos com diversos mecanismos de proteção para atingir estes padrões de segurança.

A figura abaixo mostra um exemplo de bloco de um CLP de segurança para acionamento de um motor de uma máquina que apresenta risco em sua operação.



Freios de paradas de emergência para sistemas mecânicos.

Considerando-se que em uma condição de parada de emergência existe a desenergização de atuadores, e que, para certos casos, a desenergização por si só não garante

a parada imediata de movimentos dos atuadores devido à inércia e a configurações particulares de esforços, deve-se considerar em sistemas mecânicos a utilização de freios.

Em capítulo anterior, foram abordadas técnicas de parada de emergência para sistemas pneumáticos que previam o bloqueio imediato do movimento de atuadores. Os freios em sistemas mecânicos são empregados para que se obtenha um resultado equivalente.

Os freios são projetados para aplicações que necessitam de paradas bruscas, suaves ou proporcionais, e possuem grande amplitude de torque sendo empregados nos mais variados segmentos industriais. Especialmente desenvolvidos para gerar alto torque, necessitam de um sinal de controle de controle (On/Off ou proporcional) que pode ser acionado manualmente, pneumaticamente ou eletricamente conforme exigência do projeto. As ilustrações a seguir apresentam alguns dos tipos construtivos de freios industriais, considerando-se as diferentes tecnologias e princípios de operação.



Figura 4.62. Freios pneumáticos a disco



Figura 4.63. Freios hidráulicos a disco



Figura 4.64. Freios eletro hidráulicos a disco



Figura 4.65. Freios eletromagnéticos de polia



Figura 4.66. Freios eletro hidráulicos de polia



Figura 4.67. Freios eletromagnéticos de disco

A legislação brasileira estabelece a Norma Regulamentadora 12 (NR-12) que define critérios de segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, conforme mencionado anteriormente. Em relação aos sistemas de segurança e a aos dispositivos de parada de emergência, a NR-12 estabelece:

Sistemas de segurança.

12.38. As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.

12.38.1. A adoção de sistemas de segurança, em especial nas zonas de operação que apresentem perigo, deve considerar as características técnicas da máquina e do processo de trabalho e as medidas e alternativas técnicas existentes, de modo a atingir o nível necessário de segurança previsto nesta Norma.

12.39. Os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender aos seguintes requisitos:

- a) ter categoria de segurança conforme prévia análise de riscos prevista nas normas técnicas oficiais vigentes;*
- b) estar sob a responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado;*
- c) possuir conformidade técnica com o sistema de comando a que são integrados;*
- d) instalação de modo que não possam ser neutralizados ou burlados;*
- e) manterem-se sob vigilância automática, ou seja, monitoramento, de acordo com a categoria de segurança requerida, exceto para dispositivos de segurança exclusivamente mecânicos; e*

f) paralisação dos movimentos perigosos e demais riscos quando ocorrerem falhas ou situações anormais de trabalho.

12.40. Os sistemas de segurança, de acordo com a categoria de segurança requerida, devem exigir rearme, ou reset manual, após a correção da falha ou situação anormal de trabalho que provocou a paralisação da máquina.

12.41. Para fins de aplicação desta Norma, considera-se proteção o elemento especificamente utilizado para prover segurança por meio de barreira física, podendo ser:

a) proteção fixa, que deve ser mantida em sua posição de maneira permanente ou por meio de elementos de fixação que só permitam sua remoção ou abertura com o uso de ferramentas específicas; e

b) proteção móvel, que pode ser aberta sem o uso de ferramentas, geralmente ligada por elementos mecânicos à estrutura da máquina ou a um elemento fixo próximo, e deve se associar a dispositivos de intertravamento.

12.42. Para fins de aplicação desta Norma, consideram-se dispositivos de segurança os componentes que, por si só ou interligados ou associados a proteções, reduzam os riscos de acidentes e de outros agravos à saúde, sendo classificados em:

a) comandos elétricos ou interfaces de segurança: dispositivos responsáveis por realizar o monitoramento, que verificam a interligação, posição e funcionamento de outros dispositivos do sistema e impedem a ocorrência de falha que provoque a perda da função de segurança, como relés de segurança, controladores configuráveis de segurança e controlador lógico programável - CLP de segurança;

b) dispositivos de intertravamento: chaves de segurança eletromecânicas, com ação e ruptura positiva, magnéticas e eletrônicas codificadas, optoeletrônicas, sensores indutivos de segurança e outros dispositivos de segurança que possuem a finalidade de impedir o funcionamento de elementos da máquina sob condições específicas;

c) sensores de segurança: dispositivos detectores de presença mecânicos e não mecânicos, que atuam quando uma pessoa ou parte do seu corpo adentra a zona de perigo de uma máquina ou equipamento, enviando um sinal para interromper ou impedir o início de funções perigosas, como cortinas de luz, detectores de presença optoeletrônicos, laser de múltiplos feixes, barreiras óticas, monitores de área, ou scanners, batentes, tapetes e sensores de posição;

d) válvulas e blocos de segurança ou sistemas pneumáticos e hidráulicos de mesma eficácia;

e) dispositivos mecânicos, como: dispositivos de retenção, limitadores, separadores, empurradores, inibidores, defletores e retráteis; e

f) dispositivos de validação: dispositivos suplementares de comando operados manualmente, que, quando aplicados de modo permanente, habilitam o dispositivo de acionamento, como chaves seletoras bloqueáveis e dispositivos bloqueáveis.

12.43. Os componentes relacionados aos sistemas de segurança e comandos de acionamento e parada das máquinas, inclusive de emergência, devem garantir a manutenção do estado seguro da máquina ou equipamento quando ocorrerem flutuações no nível de energia além dos limites considerados no projeto, incluindo o corte e restabelecimento do fornecimento de energia.

12.44. A proteção deve ser móvel quando o acesso a uma zona de perigo for requerido uma ou mais vezes por turno de trabalho, observando-se que:

a) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento quando sua abertura não possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco; e

b) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento com bloqueio quando sua abertura possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco.

12.45. As máquinas e equipamentos dotados de proteções móveis associadas a dispositivos de intertravamento devem:

a) operar somente quando as proteções estiverem fechadas;

b) paralisar suas funções perigosas quando as proteções forem abertas durante a operação; e

c) garantir que o fechamento das proteções por si só não possa dar início às funções perigosas

12.46. Os dispositivos de intertravamento com bloqueio associados às proteções móveis das máquinas e equipamentos devem:

a) permitir a operação somente enquanto a proteção estiver fechada e bloqueada;

b) manter a proteção fechada e bloqueada até que tenha sido eliminado o risco de lesão devido às funções perigosas da máquina ou do equipamento; e

c) garantir que o fechamento e bloqueio da proteção por si só não possa dar início às funções perigosas da máquina ou do equipamento.

12.47. As transmissões de força e os componentes móveis a elas interligados, acessíveis ou expostos, devem possuir proteções fixas, ou móveis com dispositivos de intertravamento, que impeçam o acesso por todos os lados.

12.47.1. Quando utilizadas proteções móveis para o enclausuramento de transmissões de força que possuam inércia, devem ser utilizados dispositivos de intertravamento com bloqueio.

12.47.2. O eixo cardã deve possuir proteção adequada, em perfeito estado de conservação em toda a sua extensão, fixada na tomada de força da máquina desde a cruzeta até o acoplamento do implemento ou equipamento.

12.48. As máquinas e equipamentos que ofereçam risco de ruptura de suas partes, projeção de materiais, partículas ou substâncias, devem possuir proteções que garantam a saúde e a segurança dos trabalhadores.

12.49. As proteções devem ser projetadas e construídas de modo a atender aos seguintes requisitos de segurança:

- a) cumprir suas funções apropriadamente durante a vida útil da máquina ou possibilitar a reposição de partes deterioradas ou danificadas;
- b) ser constituídas de materiais resistentes e adequados à contenção de projeção de peças, materiais e partículas;
- c) fixação firme e garantia de estabilidade e resistência mecânica compatíveis com os esforços requeridos;
- d) não criar pontos de esmagamento ou agarramento com partes da máquina ou com outras proteções;
- e) não possuir extremidades e arestas cortantes ou outras saliências perigosas;
- f) resistir às condições ambientais do local onde estão instaladas;
- g) impedir que possam ser burladas;
- h) proporcionar condições de higiene e limpeza;
- i) impedir o acesso à zona de perigo;
- j) ter seus dispositivos de intertravamento protegidos adequadamente contra sujidade, poeiras e corrosão, se necessário;
- k) ter ação positiva, ou seja, atuação de modo positivo; e
- l) não acarretar riscos adicionais.

12.50. Quando a proteção for confeccionada com material descontínuo, devem ser observadas as distâncias de segurança para impedir o acesso às zonas de perigo, conforme previsto no Anexo I, item A.

12.51. Durante a utilização de proteções distantes da máquina ou equipamento com possibilidade de alguma pessoa ficar na zona de perigo, devem ser adotadas medidas adicionais de proteção coletiva para impedir a partida da máquina enquanto houver pessoas nessa zona.

12.52. As proteções também utilizadas como meio de acesso por exigência das características da máquina ou do equipamento devem atender aos requisitos de resistência e segurança adequados a ambas as finalidades.

12.53. Deve haver proteção no fundo dos degraus da escada, ou seja, nos espelhos, sempre que uma parte saliente do pé ou da mão possa contatar uma zona perigosa.

12.54. As proteções, dispositivos e sistemas de segurança devem integrar as máquinas e equipamentos, e não podem ser considerados itens opcionais para qualquer fim.

12.55. Em função do risco, poderá ser exigido projeto, diagrama ou representação esquemática dos sistemas de segurança de máquinas, com respectivas especificações técnicas em língua portuguesa.

12.55.1. Quando a máquina não possuir a documentação técnica exigida, o seu proprietário deve constituí-la, sob a responsabilidade de profissional legalmente habilitado e com respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica do Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura – ART/CREA.

Dispositivos de Parada de Emergência

12.56. As máquinas devem ser equipadas com um ou mais dispositivos de parada de emergência, por meio dos quais possam ser evitadas situações de perigo latentes e existentes.

12.56.1. Os dispositivos de parada de emergência não devem ser utilizados como dispositivos de partida ou de acionamento.

12.56.2. Excetuam-se da obrigação do subitem 12.56.1 as máquinas manuais, as máquinas autopropelidas e aquelas nas quais o dispositivo de parada de emergência não possibilita a redução do risco.

12.57. Os dispositivos de parada de emergência devem ser posicionados em locais de fácil acesso e visualização pelos operadores em seus postos de trabalho e por outras pessoas, e mantidos permanentemente desobstruídos.

12.58. Os dispositivos de parada de emergência devem:

a) ser selecionados, montados e interconectados de forma a suportar as condições de operação previstas, bem como as influências do meio;

b) ser usados como medida auxiliar, não podendo ser alternativa a medidas adequadas de proteção ou a sistemas automáticos de segurança;

c) possuir acionadores projetados para fácil atuação do operador ou outros que possam necessitar da sua utilização;

d) prevalecer sobre todos os outros comandos;

e) provocar a parada da operação ou processo perigoso em período de tempo tão reduzido quanto tecnicamente possível, sem provocar riscos suplementares;

f) ser mantidos sob monitoramento por meio de sistemas de segurança; e

g) ser mantidos em perfeito estado de funcionamento.

12.59. A função parada de emergência não deve:

a) prejudicar a eficiência de sistemas de segurança ou dispositivos com funções relacionadas com a segurança;

b) prejudicar qualquer meio projetado para resgatar pessoas acidentadas; e

c) gerar risco adicional.

12.60. O acionamento do dispositivo de parada de emergência deve também resultar na retenção do acionador, de tal forma que quando a ação no acionador for descontinuada, este se mantenha retido até que seja desacionado.

12.60.1. O desacionamento deve ser possível apenas como resultado de uma ação manual intencionada sobre o acionador, por meio de manobra apropriada;

12. 61. Quando usados acionadores do tipo cabo, deve-se:

a) utilizar chaves de parada de emergência que trabalhem tracionadas, de modo a cessarem automaticamente as funções perigosas da máquina em caso de ruptura ou afrouxamento dos cabos;

b) considerar o deslocamento e a força aplicada nos acionadores, necessários para a atuação das chaves de parada de emergência; e

c) obedecer à distância máxima entre as chaves de parada de emergência recomendada pelo fabricante.

12.62. As chaves de parada de emergência devem ser localizadas de tal forma que todo o cabo de acionamento seja visível a partir da posição de desacionamento da parada de emergência.

12.62.1. Se não for possível o cumprimento da exigência do item 12.62, deve-se garantir que, após a atuação e antes do desacionamento, a máquina ou equipamento seja inspecionado em toda a extensão do cabo.

12.63. A parada de emergência deve exigir rearme, ou reset manual, a ser realizado somente após a correção do evento que motivou o acionamento da parada de emergência.

12.63.1. A localização dos acionadores de rearme deve permitir uma visualização completa da área protegida pelo cabo.