

TÍTULO VI

PLANEJAMENTO DE SEGURANÇA INDUSTRIAL

1 - Introdução ao Recuo

■ Caracterização do Processo

O planejamento de segurança industrial fundamenta-se em técnicas de **análise de segurança dos sistemas**, disciplina técnico-científica que tem por objetivo aumentar o grau de confiabilidade e o nível de segurança dos sistemas estudados, contra riscos previsíveis.

Confiabilidade pode ser definida como:

- a capacidade de desempenho de sistemas, equipamentos e componentes, em função de padrões estabelecidos;
- a probabilidade de que um sistema, subsistema ou equipamento desempenhe adequada e satisfatoriamente suas funções específicas, por um período de tempo determinado, sob um conjunto estabelecido de condições de operações.

Conclusivamente, a confiabilidade é uma **medida de qualidade** e depende da variável tempo.

Relações Interativas

O planejamento de segurança industrial mantém estritas relações interativas com a monitorização do processo de industrialização e com a vigilância e proteção do meio ambiente, desenvolve-se por todas as fases do processamento industrial e ocupa-se, também, com o **destino** dos rejeitos sólidos, dos efluentes líquidos e das **emanações gasosas**.

O conceito de proteção ambiental diz respeito ao ambiente **interno** das plantas industriais e aos **ecossistemas naturais e modificados pelo homem** que as circundam.

Enquanto que o planejamento **preventivo** relaciona-se predominantemente com as áreas de conhecimento relativas à urbanização e à engenharia civil, o planejamento de **segurança industrial** relaciona-se com as áreas de conhecimento relativas a:

- engenharia mecânica;
- engenharia química;
- ecologia humana;
- medicina do trabalho.

■ Metodologia do Planejamento

1 - Sequenciamento do Planejamento

O planejamento de segurança industrial fundamenta-se num minucioso estudo de situação, desenvolvido com a finalidade de avaliar os riscos relacionados com as diversas fases do processamento industrial e definir as **alternativas de gestão** mais adequada para garantir a redução dos riscos caracterizados.

Concluídos o estudo de situação e o planejamento de segurança industrial, uma segunda equipe técnica, sem vínculos com a equipe até então responsável pelo planejamento, assume a responsabilidade de conduzir uma **auditoria de segurança do processo**.

A auditoria de segurança do processo tem por objetivo verificar se o planejamento de segurança é adequado e condizente com as **intenções do projeto** e, se for o caso, apresentar sugestões para aperfeiçoar os planos e dispositivos de segurança estabelecidos.

Tanto os órgãos locais de defesa civil, como as companhias de seguro, devem ter acesso ao planejamento de segurança e à auditoria de segurança do processo.

As **intenções do projeto** definem o que se espera da operação de uma determinada planta industrial, na ausência de desvios nos **comandos de estudo**.

As intenções do projeto são apresentadas sob a forma de um relatório descritivo, ao qual são anexos:

- diagramas, estudos de fluxo (fluxogramas), desenhos de instrumentos e de equipamentos;
- Normas Gerais de Ação - NGA, Normas Padrões de Ação - NPA e procedimentos padronizados.

Comandos de Estudo são aqueles pontos específicos onde os parâmetros dos processos são investigados para detectar possíveis desvios do planejado e estabelecido. Numa planta industrial os comandos de estudo que devem ser examinados sistematicamente são:

- as tubulações, conexões e válvulas de segurança;
- os sistemas de monitorização do processamento e os diagramas de instrumentação;
- as normas e procedimentos padronizados, inclusive de manutenção preventiva, com reflexos sobre a segurança do processamento;
- os sistemas de alívio e demais sistemas de segurança.

2 - Estudo de Riscos e de Operacionalidade

O estudo de riscos e de operacionalidade é uma metodologia de estudo de situação, que tem por finalidade identificar, avaliar e hierarquizar os riscos relacionados com as plantas e com o processamento industrial, com o objetivo de caracterizar o potencial de riscos de mau funcionamento ou de operação inadequada de itens de equipamento das **unidades de processamento** e as repercussões dos mesmos sobre a planta industrial, como um todo.

O estudo de riscos e de operacionalidade é uma metodologia de **estudo crítico**, formal, minuciosa e altamente sistematizada, o qual deve ser conduzido por uma equipe técnica multidisciplinar altamente experiente e dotada de conhecimentos técnicos relacionados com:

- segurança industrial e engenharia de segurança;
- normas e procedimentos de segurança;
- o processamento industrial a ser examinado.

A equipe técnica multidisciplinar utiliza, como suporte de informações, uma detalhada descrição da planta industrial e das **intenções do projeto**, com ênfase nos **comandos de estudo**. Ao examinar o projeto proposto, a equipe técnica formula e responde perguntas **sistematizadas** sobre o mesmo, utilizando **palavras-guias**, com a finalidade de detectar e caracterizar problemas potenciais, relacionados com a operacionalidade das diferentes **unidades de processamento**.

2 - Avaliação e Caracterização dos Riscos Industriais

■ Análise de Riscos Industriais

A análise de riscos industriais é uma metodologia de estudo de situação que permite analisar e caracterizar, num cenário industrial determinado:

- as ameaças de maior importância, em função da probabilidade de ocorrência e do provável grau de magnitude;
- as categorias gerais de consequência, relacionadas com estas ameaças;
- os principais efeitos desfavoráveis de cada uma das categorias gerais previstas;
- os sistemas receptores e corpos receptivos vulneráveis a estes efeitos adversos;
- a caracterização e hierarquização dos danos prováveis.

Os principais métodos de análise de riscos industriais são:

- análise preliminar de riscos;
- análise de falha humana;
- análise de falhas e efeitos.

1 - *Análise Preliminar de Riscos*

Método de estudo de riscos realizado durante a fase de planejamento e desenvolvimento de um determinado processo ou planta industrial, com a finalidade de prever e de prevenir riscos de desastres que podem ocorrer na fase operacional.

2 - *Análise de Falha Humana*

Método que identifica as causas e os efeitos de erros humanos observados ou potenciais. Este método também permite identificar as condições dos processos e dos equipamentos que contribuem para provocar erros humanos e alternativas de gestão para reduzi-los.

3 - *Análise de Falhas e de Efeitos*

Este método é específico para análises de riscos em equipamentos mecânicos e objetiva identificar e caracterizar falhas de equipamentos que podem causar acidentes ou eventos adversos e os efeitos desfavoráveis dos mesmos.

■ Técnicas de Análise de Riscos Industriais

As principais técnicas de análises de riscos industriais utilizadas pelas equipes técnicas multidisciplinares são as:

- árvore de eventos;
- árvore de falhas.

1 - *Árvore de Eventos*

A árvore de eventos é uma **técnica dedutiva** de análise de riscos, utilizada para avaliar as possíveis consequências de um desastre potencial, resultante de um evento inicial, tomado como referência.

O **evento inicial** examinado pode ser:

- um fenômeno natural ou outra ocorrência externa ao Sistema;
- um erro humano;
- uma falha de equipamento.

O método permite antecipar, de forma **sequenciada**, as consequências lógicas de um possível desastre, a partir do **evento inicial**.

Os resultados da técnica de análise da **árvore de eventos** caracterizam:

- sequências lógicas de eventos intermediários;
- o conjunto sequenciado de eventos intermediários, que se desenvolve a partir do evento inicial e culmina no evento topo ou principal.

2 - *Árvore de Falhas*

A árvore de falhas é também uma técnica dedutiva de análise de riscos industriais, na qual, a partir da focalização do evento topo ou principal, se constrói um diagrama lógico e retroativo, que especifica as diversas combinações possíveis de **falhas de equipamento, erros humanos e ocorrências externas ao sistema**, que podem provocar o acontecimento.

Para facilitar o entendimento dos estudos técnicos relativos à árvore de eventos e árvore de falhas, é importante conceituar:

□ Evento Adverso

Ocorrência ou acontecimento que causa distúrbio a um determinado sistema, podendo ser:

- *externo ao sistema*, quando envolve fenômenos da natureza, interrupções do suprimento de água ou de energia e outros acontecimentos;
- *interno ao sistema*, quando envolve erros humanos ou falhas de equipamento.

□ Evento Crítico ou Inicial

Evento que dá início a uma cadeia de acidentes que resulta num desastre, a menos que o sistema de segurança interfira, em tempo, com o objetivo de bloquear a sequência e reduzir a intensidade do desastre.

□ Evento Intermediário

Evento que ocorre dentro de uma cadeia sequenciada de acidentes e que pode atuar:

- propagando a sequência;
- interferindo sobre a mesma e reduzindo as proporções do desastre.

□ Evento Básico

Corresponde a uma falha ou **defeito primário**, próprio do equipamento e que repercute sobre o funcionamento do mesmo, provocando danos que:

- não podem ser atribuídos a qualquer outra causa ou condição externa;
- não dependem da ocorrência de outras falhas ou defeitos adicionais.

□ Evento Topo ou Principal

Evento resultante de uma combinação ou sequência de falhas ou defeitos do sistema e que desencadeia o desastre. As falhas e defeitos, que culminam no evento topo, costumam ocorrer de forma sequenciada e podem ser diagramadas de forma lógica.

Na construção de uma **árvore de eventos**, as sequências de acidentes ou eventos são diagramados, de acordo com a **ordem cronológica natural**, a partir do evento **crítico ou inicial**, passando pelos eventos intermediários, e culminando no evento **topo ou principal**.

Na construção de uma **árvore de falhas**, as sequências de acidentes são diagramadas em sentido oposto ao da ordem cronológica natural, a partir do evento **topo ou principal**, buscando caracterizar os eventos intermediários e iniciais.

■ Métodos Específicos de Análise de Riscos Industriais

Dentre os métodos específicos de análise de riscos industriais, os mais utilizados são os seguintes:

- método DOW;
- método MOND;

1 - Método DOW

Corresponde a uma metodologia de estudo de situação utilizada para analisar plantas industriais e, em especial, processamentos industriais que representem riscos de desastres tecnológicos com características focais.

O método DOW não se aplica ao estudo de desastres muito pouco prováveis e muito grande intensidade relacionados com eventos catastróficos.

O método permite identificar e especificar os riscos inerentes ao processo industrial, desenvolvido em cada uma das unidades de processamento, que compõem a planta industrial, a partir de um enfoque funcional. Ao estudar a dinâmica do processo industrial, o método enfoca cada uma das operações relacionadas com o processo industrial, desenvolvido em cada uma das diferentes unidades de processamento.

A metodologia tem por objetivos definir as alternativas de gestão e facilitar a especificação de itens críticos dos equipamentos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de ocorrência de acidentes e a intensidade dos mesmos.

Conclusivamente, o método DOW procura definir a anatomia das unidades de processamento, a partir dos estudos de função.

2 - Método MOND

Esta metodologia foi desenvolvida a partir do método DOW e é específica para analisar a **toxidade, reatividade, inflamabilidade e potencial explosivo** dos insumos, produtos, resíduos sólidos, efluentes líquidos e emanações gasosas de uma planta industrial, em função dos métodos de processamento.

Este método é extremamente útil para definir alternativas de gestão e para facilitar a **especificação de itens críticos** de equipamentos de segurança e de proteção das diferentes unidades de processamento, como filtros, sistemas de aeração e de exaustão, sistemas de drenagem e sistemas de alívio.

■ Caracterização dos Riscos Industriais

A classificação e o escalonamento dos **danos prováveis (RISK-RANKING)**, em função da importância dos mesmos, em termos de intensidade e de probabilidade de ocorrência, permite uma correta caracterização e hierarquização dos riscos industriais.

A caracterização e hierarquização dos riscos industriais tem por principais objetivos:

- estabelecer adequados critérios de aceitabilidade;
- facilitar o planejamento das alternativas de gestão para reduzir a intensidade e a importância dos desastres.

1 - Critérios de Aceitabilidade

Critérios de aceitabilidade extremamente rígidos devem ser estabelecidos pelas equipes técnicas e aceitos pela sociedade, com a finalidade de facilitar as decisões relacionadas com a segurança dos projetos, a construção e a operação de plantas industriais que possam atuar como focos de desastres potenciais.

Estes critérios são valores que definem o grau de aceitabilidade de uma determinada planta ou processo industrial, em função de uma **escala de danos potenciais** que, quando ultrapassados, invalidam o projeto.

Estes critérios não devem se estabelecidos, baseados na falsa noção de que a **falha é impossível**.

2 - Risco Aceitável

Considera-se como aceitável o risco tão pequeno, de consequências tão limitadas e associado a benefícios tão significativos para a sociedade, que os grupos sociais bem informados e politizados se dispõem a aceitá-los.

A aceitabilidade deve fundamentar-se em informações tecnológicas idôneas, confiáveis e isentas e deve considerar os fatores sociais, econômicos e políticos, bem como os benefícios decorrentes desta condição.

■ Alternativas de Gestão

Na fase conclusiva do estudo de situação relativo à avaliação e caracterização de riscos de desastres industriais, compete levantar, de forma bastante genérica, as principais alternativas de gestão, para reduzir os riscos de desastres tecnológicos com características focais.

No caso de desastres em instalações industriais, os riscos podem ser diminuídos, a partir de duas vertentes:

- redução das ameaças;
- redução das vulnerabilidades.

1 - Redução das Ameaças

A redução das ameaças é garantida pela diminuição da probabilidade de ocorrência de eventos adversos e da magnitude dos mesmos.

Cabe recordar que os eventos adversos potenciais podem ser:

- *externos ao sistema*, quando envolvem fenômenos da natureza, interrupções do fornecimento de água e de energia e outros eventos de natureza antropogênica;
- *internos ao sistema*, quando envolvem falhas primárias de equipamentos e erros humanos.

2 - Redução das Vulnerabilidades

A redução das vulnerabilidades relaciona-se com o grau de insegurança intrínseca:

- dos cenários dos desastres;
- da força-de-trabalho;
- dos grupos populacionais em risco.

3 - Redução das Ameaças Externas aos Sistemas

O planejamento da redução das ameaças de eventos externos aos sistemas, direciona-se para a redução dos riscos de desastres primários, relacionados com:

- fenômenos da natureza;
- interrupção do suprimento de água e de energias;
- outras ameaças de natureza antropogênica.

■ Riscos de Desastres Naturais

Os riscos de desastres naturais provocarem desastres secundários em plantas industriais de produtos perigosos são minimizados por intermédio:

- do distanciamento das plantas e distritos industriais das áreas de riscos intensificados de desastres naturais;
- da proteção da planta industrial contra fenômenos naturais.

Plantas industriais, especialmente quando manipulam produtos perigosos, devem ser projetadas em áreas seguras e adequadamente distanciadas de áreas de riscos intensificados de desastres naturais, como inundações, deslizamentos de encostas e incêndios florestais.

Da mesma forma, estas plantas industriais devem ser protegidas contra fenômenos naturais, especialmente contra descargas elétricas, mediante sistemas de pára-raios bem planejados e dimensionados e adequadamente aterrados e mantidos.

No Brasil, os sistemas de pára-raios são muito importantes, já que nosso país é o que apresenta maior densidade de raios de todo o mundo.

■ Interrupção ou Colapso do Suprimento de Água e de Energias

Praticamente todas as plantas industriais são altamente dependentes do suprimento de água e de energias e a interrupção ou colapso do abastecimento destes insumos críticos pode gerar uma condição insegura, ou seja, uma circunstância ambiental que favoreça a ocorrência de desastres ou acidentes.

Por esses motivos, ao se planejar o desenvolvimento de uma planta industrial, estes dois insumos estratégicos devem ser considerados com prioridade. É importante, também, que se planeje as alternativas de gestão, para solucionar os problemas resultantes do colapso do suprimento destes insumos estratégicos.

1 - Administração do Suprimento de Água

Em princípio, as plantas industriais devem ser supridas por, no mínimo, dois sistemas autônomos e independentes de abastecimento de água:

- um sistema destinado a alimentação dos hidrantes;
- um sistema de alimentação para as demais necessidades de água da planta industrial.

A água de alguns subsistemas, como o de resfriamento e o de geração de vapores nas caldeiras, pode ser reciclada e reutilizada.

É importante que seja calculado o **fator de consumo diário** da planta industrial, para estimar as necessidades de suprimento e de armazenamento de água, em cisternas subterrâneas e elevadas.

Em função do nível de criticidade deste insumo estratégico, a implementação de um sistema de abastecimento de água orgânico da planta industrial pode ser plenamente justificada, quer como sistema isolado, quer como complementar ao abastecimento público.

2 - Administração do Suprimento de Energia

Todas as plantas industriais são altamente dependentes dos sistemas de abastecimento de energia elétrica. Além disso, muitas outras dependem também do abastecimento de óleo combustível e de combustíveis gasosos.

Como o colapso dos sistemas de suprimento de energia, especialmente de energia elétrica, pode gerar uma **condição insegura**, o planejamento das alternativas de gestão para estas situações de colapso, deve ser prioritário.

Sempre que possível, as plantas industriais devem ser supridas por, no mínimo, duas redes independentes de energia elétrica, de forma que, quando ocorre o colapso de uma destas redes, um dispositivo de segurança desliga a planta industrial da rede colapsada e religa na outra rede.

Um sistema de geradores, que dispara automaticamente quando ocorre um colapso nas redes de suprimento de energia, deve ser planejado, para manter o suprimento de energia nas áreas críticas da planta industrial.

Como as plantas industriais são cada vez mais dependentes de sistemas de computadores, que têm suas memórias prejudicadas, mesmo nas interrupções instantâneas do suprimento de energia, um sistema "*no break*", ligado a pilhas extremamente potentes, deve ser planejado, para evitar danos aos sistemas de informatização e de monitorização.

3 - Administração de Ameaças Antropogênicas

O planejamento de segurança contra ameaças de natureza antropogênica também deve ser considerado.

Plantas industriais podem ser objeto de sabotagem e um sistema de segurança que impeça a entrada de pessoas não autorizadas na área da planta industrial, deve ser estabelecido.

No Brasil, o mau hábito de soltar balões, por ocasião das festividades de São João, pode causar incêndios em instalações industriais, como destilarias de petróleo, obrigando que se planeje sistemas de segurança contra balões, por ocasiões destas festividades.

4 - Redução das Falhas Primárias dos Equipamentos

■ Generalidades

Os eventos adversos potenciais, internos ao sistema, compreendem:

- as falhas primárias dos equipamentos;
- os erros humanos.

Como já foi especificado, as falhas potenciais dos equipamentos ou eventos básicos, são avaliados e caracterizados por intermédio do Método de Análise de Falhas e de Efeitos. Normalmente, o estudo de situação é complementado, mediante o estudo de:

- técnicas de análises específicas, como a árvore de falhas e a árvore de eventos;
- métodos de análises específicos, como os métodos de DOW e de MOND.

O Método de Análise de Falhas e de Efeitos é uma metodologia específica de análise e de avaliação de riscos de desastres tecnológicos, concebido para ser utilizado no estudo de equipamentos mecânicos de plantas industriais, com o objetivo de:

- identificar falhas ou defeitos potenciais que podem provocar o disfuncionamento do processo industrial e acidentes ou eventos adversos;
- caracterizar os efeitos desfavoráveis destes acidentes ou eventos adversos sobre o sistema.

Em linhas gerais, esta metodologia de análise de riscos tecnológicos industriais consiste na:

- tabulação metódica de todos os sistemas, subsistemas e equipamentos previstos ou existentes, em cada uma das unidades de processamento, de uma determinada planta industrial;
- identificação das modalidades de falhas e de defeitos possíveis, em cada um destes equipamentos;
- caracterização dos efeitos desfavoráveis destes defeitos e falhas sobre o funcionamento dos sistemas e subsistemas que compõem o processo industrial.

■ Alternativas de Gestão

Concluindo o estudo de situação, são examinadas as alternativas de gestão, com o objetivo de reduzir as falhas e defeitos possíveis, nos diversos equipamentos da planta industrial e as repercussões destas falhas sobre a fisiologia do processo industrial.

De um modo geral, o processo de redução depende da aplicação das seguintes medidas gerais:

- especificação do equipamento;
- recepção, conferência e supervisão da montagem dos equipamentos;
- manutenção preventiva;
- monitorização do funcionamento;
- sistematização dos sistemas de segurança.

1 - Especificação do Equipamento

Uma correta especificação do equipamento, que deve ser adquirido e instalado, pela empresa montadora, é de importância decisiva para o futuro desempenho da planta industrial.

Sem nenhuma dúvida, a **especificação do equipamento** é a etapa mais importante do planejamento de uma planta industrial, já que os defeitos de especificação repercutem desfavoravelmente sobre o desempenho da indústria e os problemas de funcionamento, quando caracterizados, são de solução muito difícil.

A especificação deve ser absolutamente correta e precisa e deve ser minuciosamente estudada e debatida pelas equipes técnicas da firma contratante e das firmas responsáveis pelo detalhamento do planejamento.

Somente equipes técnicas multidisciplinares muito experientes e com profundos conhecimentos do processo industrial, objeto do planejamento, e dos equipamentos disponíveis no mercado nacional e internacional, tem condições para especificar corretamente.

Como a margem de lucro das firmas montadoras tende a aumentar em função de falhas na especificação, é fácil concluir que, todas as vezes que um equipamento não é corretamente especificado, a montadora se reserva o direito de adquirir e instalar o equipamento mais barato que, na maioria das vezes, não é o de melhor qualidade, confiabilidade e durabilidade.

A metodologia do processo fundamenta-se na priorização da especificação dos **equipamentos críticos**, que normalmente coincidem com os chamados **comandos de estudo**. Numa segunda instância, são especificados todos os demais sistemas e subsistemas. Comandos de estudos são aqueles equipamentos críticos, onde os parâmetros que regulam a fisiologia do processo, não devem apresentar desvios significativos da normalidade.

Por tais motivos, em princípio, devem ser prioritariamente especificados os equipamentos seguintes:

- tubulações, conexões e válvulas de segurança;
- subsistemas de monitorização do funcionamento;
- sistemas de alívio e demais sistemas de segurança;
- sistemas de proteção ambiental;
- sistemas e equipamentos de proteção individual da força-de-trabalho;
- painéis indicadores do funcionamento do processo industrial.

2 - Recepção e Controle de Qualidade

Os equipamentos adquiridos devem ser recebidos, conferidos e testados por equipes especializadas. É muito importante que se verifique se o equipamento adquirido corresponde às especificações do projeto.

Da mesma forma, a montagem dos equipamentos nas unidades de processamento deve ser cuidadosamente acompanhada e supervisionada.

Na medida em que os equipamentos são instalados, devem ser submetidos a testes de funcionamento e seus parâmetros devem ser cuidadosamente aferidos, comparados com o previsto no documento descritivo que define as **intenções do projeto** e ajustados.

Todas as vezes que a instalação de uma unidade de processamento ou sistema é concluída, todos os equipamentos instalados devem ser testados em conjunto, de acordo com normas e prazos estabelecidos.

3 - Manutenção Preventiva

□ Necessidade

A necessidade de manutenção preventiva está implícita nos próprios conceitos de durabilidade e de **confiabilidade**, que devem ser entendidos como medidas de qualidade que dependem das variáveis:

- tempo;
- funcionamento conforme especificado.

Tanto é verdade que **confiabilidade** é conceituada como:

- a probabilidade que um sistema ou equipamento desempenhe correta e satisfatoriamente suas funções específicas, por um período de tempo determinado e sob um conjunto estabelecido de condições de operação;
- a capacidade de desempenho de componentes, equipamentos, subsistemas e sistemas, em função de padrões estabelecidos.

Da mesma forma, em análise de riscos de desastres tecnológicos, o conceito de **recorrência** relaciona-se com o número de **ciclos ou períodos**, ou melhor, com o número de horas de operação, a partir da qual uma determinada ameaça de desastre pode concretizar-se, caso não haja uma manutenção preventiva.

Por todos estes motivos, os conceitos de **confiabilidade** e de **durabilidade** estão estritamente relacionados com:

- as condições de operação, de acordo com normas rigidamente estabelecidas;
- a manutenção preventiva.

A correta operação dos equipamentos e a manutenção preventiva dos mesmos são os fatores mais importantes para **maximizar** a durabilidade e a confiabilidade dos equipamentos instalados nas unidades de processamento.

Em consequência, as Normas Padrões de Ação - NPA e os Procedimentos Padronizados, relativos à manutenção preventiva dos equipamentos instalados na planta industrial, são de capital importância para aumentar a durabilidade e garantir a confiabilidade dos mesmos.

▫ Escalões de Manutenção

A manutenção é uma atividade logística de extrema importância e se desenvolve em cinco escalões.

O Primeiro Escalão de manutenção é da responsabilidade do próprio operador do equipamento. Neste escalão, os procedimentos padronizados de manutenção são extremamente simples, competindo ao operador testar diariamente as condições de funcionamento e proceder a pequenos ajustes autorizados, de acordo com uma **lista de conferência (check-list)**.

A lista de conferência é uma metodologia simples e empírica utilizada para checar o funcionamento de equipamentos que apresentem um nível elevado de complexidade, de acordo com uma **relação de procedimentos padronizados**, conferindo a ausência ou a presença de determinados recursos ou sinais, correspondentes a operações estabelecidas, em um painel de instrumentos.

Os operadores de equipamentos têm duas responsabilidades extremamente importantes:

- operar os equipamentos, obedecendo a parâmetros estritos, estabelecidos nas normas e procedimentos;
- realizar a manutenção de primeiro escalão, de acordo com o estabelecido e nos estritos limites de suas atribuições.

Só existe uma coisa pior do que um operador relapso, um operador metido de "pato a ganso".

O **Segundo Escalão** de manutenção é da responsabilidade de uma equipe técnica de manutenção, orgânica da unidade de processamento.

A equipe deve estar plenamente familiarizada com todo os equipamentos instalados na unidade de processamento e deve estar em condições de assessorar e prover o apoio imediato aos operadores.

Esta equipe técnica é um dos elos mais importantes do esquema de manutenção preventiva e seu calendário de manutenção deve ser organizado de tal forma que, a intervalos regulares de tempo, a equipe complete o ciclo de manutenção preventiva de todos os equipamentos da unidade.

O **Terceiro Escalão**, da mesma forma que o quarto escalão de manutenção, são da responsabilidade da Divisão de Manutenção da planta industrial. Normalmente, o terceiro escalão é desenvolvido por **equipes de apoio direto**, que executam suas atividades na própria unidade de processamento.

O **Quarto Escalão** de manutenção é da responsabilidade das **equipes de apoio ao conjunto** que normalmente operam nas instalações da própria Divisão de Manutenção, onde dispõem de bancadas dotadas de maiores recursos.

O **Quinto Escalão** de manutenção normalmente é da responsabilidade da empresa produtora dos equipamentos ou de seus representantes autorizados no país. Compete à direção da Divisão de Manutenção supervisionar estas atividades e atestar sobre a eficiência dos trabalhos.

□ Competências

De um modo geral, compete:

- ao *Primeiro Escalão de Manutenção*, testar diariamente as condições de funcionamento do equipamento, proceder a pequenos ajustes e fazer as lubrificações periódicas;
- aos *Segundo, Terceiro* e algumas vezes *Quarto Escalão de Manutenção* proceder a manutenção preventiva, de acordo com um calendário rigidamente estabelecido e trocar itens de equipamentos defeituosos ou com prazos de durabilidade ultrapassados por itens novos, oriundos de fábrica;
- aos *Quarto e Quinto Escalões de Manutenção*, reparar itens de equipamentos, quando autorizados, os quais só poderão retornar à cadeia de suprimento de material de manutenção, após rigorosos testes de controle de qualidade.

□ Calendário de Manutenção Preventiva

Um calendário de manutenção preventiva, envolvendo todos os escalões de manutenção, deve ser estabelecido e fielmente cumprido.

Os itens de equipamento devem ser substituídos em função dos prazos de validade estabelecidos, mesmo que não apresentem defeitos aparentes.

Os itens substituídos só poderão retornar à cadeia de suprimento de material de manutenção, após serem reparados e/ou submetidos a indispensáveis testes de controle de qualidade extremamente rigorosos.

□ Conclusão

Sem nenhuma dúvida, o Primeiro Escalão é o mais importante de todos os escalões de manutenção.

Da mesma forma, a correta utilização do equipamento, em estrita observância aos padrões de operação estabelecidos, é a regra mais importante para aumentar a durabilidade e o nível de confiabilidade dos mesmos.

■ Monitorização do Funcionamento

1 - Terminologia

Inicialmente, é importante esclarecer que o verbo "monitorizar" e não monitorar, deriva do termo "monitor", ao qual se acrescentou a partícula "izar", que é um sufixo de ação.

Os termos "monitorar" e "monitoramento" não foram dicionarizados e correspondem a apropriações de terminologia de origem anglo-saxônica. Em português não existe "monitorar", da mesma forma que não existe "dicionarar".

Para fins de estudos de sistemas de processamento industrial, o termo monitor tem a seguinte significação:

- aparelho eletrônico que acompanha e controla os parâmetros de funcionamento de outros aparelhos, equipamentos ou sistemas, com a finalidade de comandar o desempenho dos mesmos e manter a homeostase do processo industrial.

O termo **homeostase** foi introduzido na fisiologia por Claude Bernard, com o significado de: *estado de equilíbrio dinâmico de um organismo vivo, em relação a suas várias funções e à composição química de seus fluídos e tecidos.*

Com o passar do tempo, a **Cibernética** - ciência que estuda os processos de comunicação e os sistemas de controle nos organismos vivos e nas máquinas - apropriou-se desta terminologia.

Com o desenvolvimento do estudo dos **sistemas** ou **entrópicos**, ficou patente a importância da monitorização e da retroalimentação dos sistemas, para que a homeostase e o arranjo estrutural e funcional dos mesmos permanecesse em equilíbrio dinâmico estável.

Como os sistemas entrópicos opõem-se aos sistemas caóticos, a retroalimentação, a monitorização e a manutenção da homeostase do processo industrial, são de capital importância para a redução dos desastres tecnológicos, já que, em última análise, estes desastres são representações do caos universal.

2 - Conceituação de Monitorização

Monitorização é conceituada como: a observação, registro, medição, comparação e avaliação, repetitiva e continuada, de parâmetros de funcionamento e de dados técnicos, de acordo com esquemas preestabelecidos, no tempo e no espaço, utilizando métodos comparativos, com a finalidade de:

- estudar todas as possíveis variáveis do fenômeno ou processo em observação;
- identificar os parâmetros de normalidade e, a partir da definição dos mesmos, todos os desvios significativos do processo;
- facilitar a tomada de decisões e permitir a articulação de respostas coerentes e oportunas.

Monitorização de desastres é conceituada como: a aplicação da metodologia de monitorização, com a finalidade de acompanhar um quadro evolutivo de ameaças de eventos adversos definidos e dos parâmetros das variáveis relacionadas com os mesmos, com a finalidade de prever os desastres, reduzir o grau de surpresa e facilitar a gestão dos mesmos, por intermédio de ações adequadas e oportunas.

3 - Sistemas de Monitorização

Por influência da cibernética (do grego: *kībernetiké* - a arte do piloto), os sistemas de monitorização foram arquitetados para funcionar de maneira semelhante ao sistema nervoso dos animais mais evoluídos.

Os sistemas de monitorização são conceituados por:

- sensores periféricos;
- vias de comunicação aferentes, centrípedas ou ascendentes;
- centros de integração, ou monitores, em diferentes níveis do sistema;
- vias de comunicações horizontais e verticais, responsáveis pela interligação ou enlace entre os diferentes centros de integração;
- vias de comunicações eferentes, centrífugas ou descendentes;
- órgãos efetores, responsáveis pelo desencadeamento de respostas preestabelecidas.

Nos centros de integração, os dados e informes, captados pelos sensores periféricos, são comparados e cotejados com um **repertório de informações** e de parâmetros funcionais, armazenados previamente, com a finalidade de:

- identificar desvios significativos da normalidade;
- definir tendências evolutivas dos fenômenos e processos monitorizados;
- articular respostas sistêmicas adequadas, quando necessárias.

As vias de comunicações aferentes interligam os sensores aos órgãos de integração, enquanto que os centros integrados de mais alta hierarquia são responsáveis pela coordenação e articulação das respostas sistêmicas de maior nível de complexidade.

4 - Aplicação da Monitorização de Desastres

A monitorização de riscos de desastres permite desencadear as situações de:

- *alerta*, que corresponde a uma situação de desastre previsível a curto prazo. Nestas condições, o dispositivo operacional das Brigadas de Emergência evolui da situação de sobreaviso, para a situação de prontidão, em condições de emprego imediato;
- *alarme*, que corresponde a uma situação de desastre iminente ou de pré-impacto. Nestas condições, o dispositivo operacional das Brigadas de Emergência evolui da situação de prontidão, para a de início ordenado das operações de resposta aos desastres.

5 - Conclusões

A retroalimentação sistêmica e a monitorização são importantes características dos sistemas entrópicos e autorreguláveis e são de capital importância para a manutenção da homeostase e do equilíbrio dinâmico destes sistemas.

De uma certa forma, a retroalimentação e a monitorização são as principais características distintivas entre os sistemas entrópicos e os sistemas caóticos e, sem nenhuma dúvida, os desastres são manifestações do caos.

■ Estudo dos Sistemas de Segurança

1 - Conceituação

Sistema de Alívio é definido como: um conjunto de equipamentos, Normas Padrões de Ação - NPA e de procedimentos padronizados, previstos no projeto de uma planta industrial, com a finalidade de responder a uma sequência, evitando a propagação do desastre e minimizando os danos e prejuízos consequentes.

Os sistemas de alívio devem atuar da forma mais automatizada possível e em última interação com os sistemas de monitorização, funcionando como órgãos efetores destes sistemas.

Sistema de Segurança é definido como: um conjunto de equipamentos, Normas Padrões de Ação - NPA, procedimentos padronizados e equipes especializadas, previstos no projeto de uma planta industrial, com a finalidade de atuar em circunstâncias de desastres e de articular respostas sistêmicas adequadas, com o objetivo de restabelecer a situação de normalidade, no mais curto prazo possível.

Na prática, os sistemas de alívio funcionam como subsistemas do sistema de segurança, permitindo que a totalidade deste sistema responda de forma articulada às sequências de eventos acidentais, com o objetivo de:

- bloquear a propagação do desastre;
- reduzir os efeitos adversos;
- minimizar os danos e prejuízos.

2 - Aplicação de Técnicas Analíticas de Diagramação

Os estudos das **Árvores de Falhas** e das **Árvores de Eventos** permitem a diagramação de sequências lógicas de eventos acidentais intermediários e a caracterização de conjuntos de eventos sequenciados, que se desenvolvem em

ordem cronológica, a partir dos eventos críticos ou iniciais e culminam nos eventos topos ou principais.

A análise destes diagramas facilita o planejamento dos sistemas de segurança e, em especial, dos sistemas de alívio, que são planejados e arquitetados para interferir nestas sequências de eventos acidentais e para bloqueá-las.

3 - Aplicação do Método DOW

Como já foi especificado, o método DOW foi concebido para identificar os riscos inerentes a um determinado processo industrial, peculiar a uma unidade de processamento, a partir de um enfoque funcional.

A análise da fisiologia do processo aprofunda o estudo de cada uma das operações previstas e as consequências de desvios significativos dos parâmetros de processamento industrial, com a finalidade de:

- definir as melhores alternativas de gestão, para evitar e corrigir desvios significativos dos parâmetros estabelecidos;
- reduzir a probabilidade de ocorrência de eventos acidentais e a magnitude dos mesmos;
- facilitar a elaboração de Normas Padrões de Ação - NPA e de procedimentos padronizados, com o objetivo de monitorizar e de comandar o processo industrial;
- facilitar a especificação de equipamentos destinados ao processamento industrial e também os dos sistemas de segurança.

4 - Aplicação do Método MOND

O método MOND analisa a reatividade química, a inflamabilidade, o potencial explosivo e a toxicidade dos insumos, produtos intermediários e finais, resíduos sólidos, efluentes líquidos e emanações gasosas resultantes do processo de industrialização, com a finalidade de:

- facilitar o planejamento da arquitetura dos sistemas de alívio e dos demais sistemas de segurança;
- definir alternativas de gestão que objetivem a redução dos riscos inerentes a estes produtos e substâncias perigosas;
- facilitar a especificação dos equipamentos destinados ao processamento industrial e ao fluxo de produtos perigosos e, também, dos equipamentos dos sistemas de segurança e de proteção.

Dentre os principais equipamentos de segurança das plantas industriais e de proteção dos cenários, destacam-se os seguintes:

- filtros eletrostáticos de partículas sólidas e demais emanações tóxicas, presentes nas fumaças industriais;
- sistemas de drenagem e de tratamento dos efluentes líquidos e de produtos perigosos que podem vaziar acidentalmente;
- sistemas de exaustão e de renovação do ar contaminado e poluído por emanações gasosas ou partículas em suspensão;
- sistemas de alívio.

5 - Aplicação de Métodos Analíticos Relativos aos Fatores RGP e REP

O estudo analítico dos fatores de riscos inerentes ao processamento industrial podem contribuir para reduzir:

- a magnitude e a intensidade de acidentes relacionados com os Riscos Gerais do Processo - fator RGP;
- a probabilidade de ocorrência de acidentes relacionados com os Riscos Específicos do Processo - fator REP.

Esses estudos permitem caracterizar os riscos industriais relacionados com:

- as reações químicas que se desenvolvem nas unidades de processamento;
- o manuseio, transferência e fluxo de produtos perigosos nas unidades de processamento, como combustíveis, explosivos, substâncias intensamente reativas e produtos tóxicos;
- as condições intrínsecas do processamento industrial, como temperatura e pressão, e os riscos de centelhamentos, em presença de substâncias inflamáveis ou explosivas;
- a possibilidade de falhas ou defeitos nos equipamentos que possam provocar vazamentos e de mau funcionamento de válvulas de segurança e de outros itens críticos que possam provocar picos de hipertensão ou bruscas elevações de temperatura.

Dentre as substâncias intensamente reativas, cumpre destacar alguns metalóides, como o flúor, o cloro, o bromo e o iodo, e também alguns metais alcalinos e alcalinos terrosos, como o sódio, o potássio e o magnésio, conhecidos como substâncias pirofosfóricas, por entrarem em combustão espontânea em presença do ar.