

Bhopal: Anatomia de uma crise

Paul Shrivastava

Crise social

- Situação que ameaça a forma e a estrutura do sistema. Se existem, estruturas sociais são incapazes de resolver os problemas econômicos, sociais, culturais e políticos ameaçando a integridade do sistema
- Crises industriais são as disparadas por atividades industriais causando dano extensivo para vidas humanas e ambiente natural e social
- As crises são mais comuns em situações onde tecnologias complexas estão inseridas em comunidades que não possuem infraestrutura para suportá-las.

Crise na Union Carbide Indian

- Crise industrial é um complexo sistema de eventos interdependentes e envolve múltiplos atores sociais (stakeholders) em conflito.
- **Eventos tecnológicos e industriais que disparam a crise são causados por complexa interação de fatores humanos (sociais), organizacionais e tecnológicos.**
- Esses eventos interagem com forças econômicas, sociais e políticas para criar a crise
- **Tipicamente as respostas às crises são fragmentadas e conflituosas, centrando-se em sintomas.**

- As causas das crises são sistêmicas e controladas por agentes sociais.
- Há estreita conexão entre nível de riscos associados com sistemas tecnológicos e o ambiente físico e social que contém o sistema
- A qualidade da infraestrutura industrial (água, energia, sistema de saúde pública, transporte, comunicação, instituições educacionais, força de trabalho disponível) influenciam a chance de ocorrência do acidente e de sua evolução para crises. (Pré-condição)

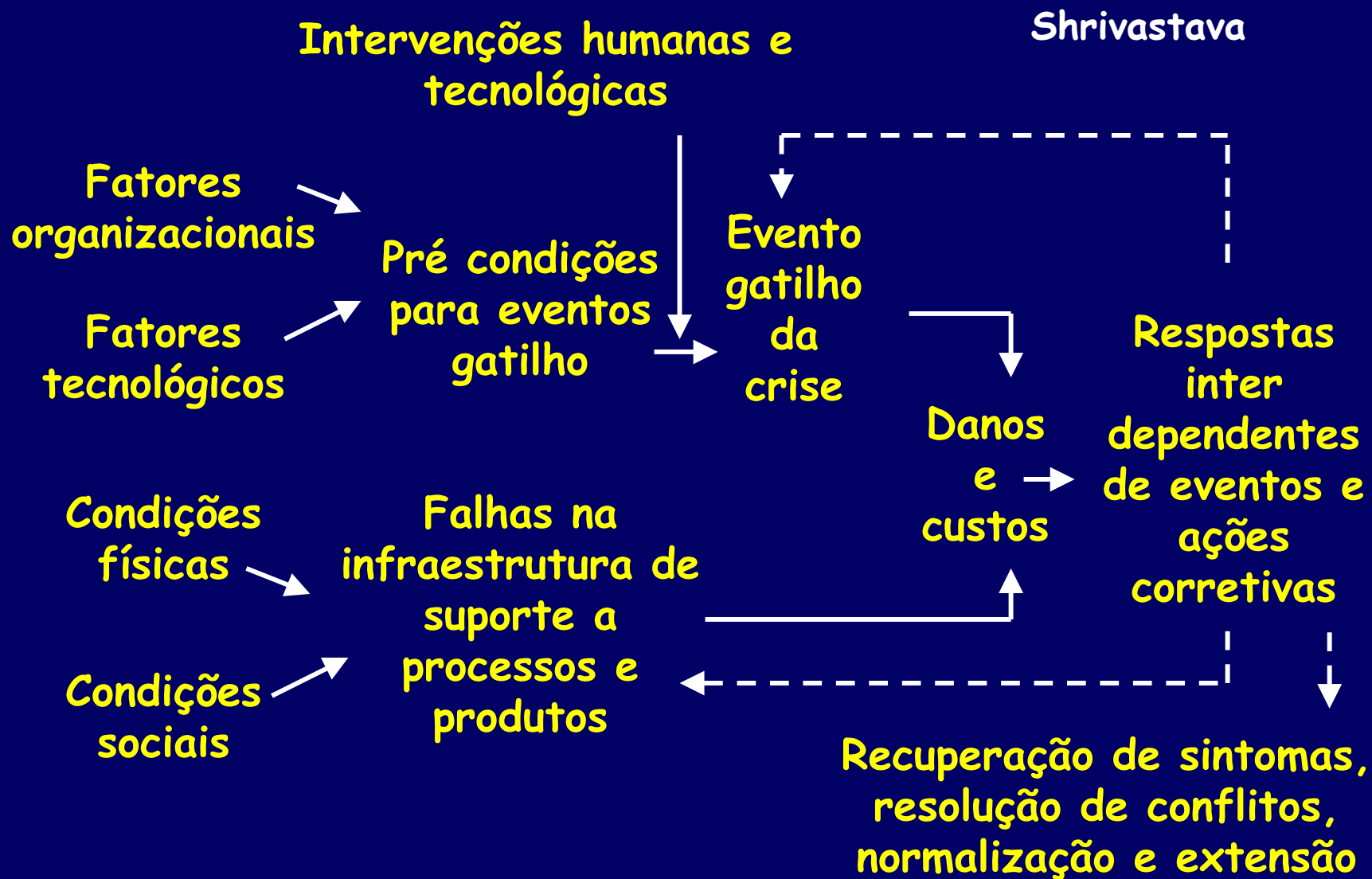
Continua anterior

- Crises industriais são mais prováveis em áreas que tiveram industrialização rápida sem a adequada infraestrutura.
- Contradições no enfrentamento de crises:
 - Industrialização rápida
 - Problemas fiscais: recursos (orçamentos), inspeções (legislação), etc.
 - Falhas em políticas e planejamento

Desastres naturais

- 1) Podem ser identificadas especificamente no tempo e espaço
- 2) Afetam unidades sociais
- 3) Essas unidades sociais promovem respostas visando mitigar as conseqüências do desastre
- Crises industriais podem ser entendidas de acordo com essas propriedades mas onde as relações entre as causas tecnológicas, organizacionais e sociais são de particular importância

Estrutura das crises industriais



Causas do Desastre de Bhopal - 1

- 1) UCIL enfrenta dificuldades econômicas:
 - Acirramento da competição no mercado mundial de pesticidas;
 - Empresa operando há anos com menos de 50% da capacidade instalada
 - Instalada (anos 60) nas proximidades de zona habitada para formular (não fabricar) produtos. Anos 80 adaptada para fabricar o MIC e apesar de protestos de autoridades municipais permaneceu na mesma área.
 - Importância econômica e estratégica secundária para o grupo.

Causas do Desastre de Bhopal - 2

- Evento gatilho do acidente: liberação de gás metil isocianato (MIC) de tanques de armazenamento provocada por falhas humanas (sociais), tecnológicas e organizacionais.
- MIC é um gás tóxico usado para fabricar o carbaryl, princípio ativo do SEVIN_R. É instável e precisa ser mantido em baixas temperaturas. UCIL fabricava e armazenava em 3 tanques subterrâneos (1 para produto a ser reprocessado).

Causas de Bhopal - 3

- MIC era transferido dos tanques de armazenamento pressurizando-os com N puro.
- Fora do tanque o MIC passava por válvula de segurança para uma "relief-valve vent header", ou cano, comum aos 3 tanques, que conduzia ao reator da unidade de produção. (p 42)
- Outra linha comum levava o MIC rejeitado para reprocessamento e o MIC contaminado para o "vent-gas scrubber" para neutralização. (p 42)
- Embora servindo a propósitos diferentes o tubo da "válvula de alívio" e o tubo de processo eram conectados por outro chamado "jumper system", instalado um ano antes do acidente para simplificar a manutenção.

Causas Bhopal - 4

- A pressão normal de armazenagem, mantida com a ajuda de N puro, era de 1 kg/cm².
- Cada tanque possuía indicadores de T e P, um local e outro em sala de controle remoto. Possuíam também alarme de alta temperatura, indicador de nível e alarme de níveis alto e baixo.
- A válvula de segurança operava em conjunto com um "mediating graphite rupture disk", que funcionava como um aquecedor-mantedor ("cooker-holding") da pressão do gás até que ele atingisse certa pressão e pudesse seguir.
- O disco de ruptura só podia ser monitorado in situ, requerendo frequentes inspeções manuais de indicador de pressão situado entre ele e a válvula de segurança.

Causas Bhopal - 5 (dispositivos de segurança)

- “Vent gas scrubber” concebido para neutralizar gases tóxicos emanados da fábrica do MIC e da armazenagem.
- Os gases eram misturados com soda cáustica e liberados a cerca de 100 pés de altura ou direcionados para o queimador. Gases também podiam ir para o queimador sem passar pelo “scrubber”.
- A torre de queima era usada para queimar gases das várias seções da fábrica (não só MIC). A queima pode detoxificar os gases antes de liberá-los mas o queimador não fora concebido para manusear grandes qt de MIC.
- Poucas semanas antes do acidente o “scrubber” foi desligado (standby position)

Bhopal 6: dispositivos de segurança

- Sistema de refrigeração: unidade de 30 Ton, usando Freon para refrigerar solução de água e sal, o "coolant" para o tanque de armazenamento de MIC.
- O sistema de refrigeração foi desligado em junho de 1984, e seu "coolant" foi drenado para uso em outra parte da planta, impossibilitando o uso desse sistema numa emergência.
- Conjunto de tubos de spray de água que a ser usados para controlar fugas de gases, superaquecimento de equipamentos ou incêndios.

Bhopal 7

- A última carga de MIC fabricada antes do acidente foi feita entre 7 e 22 de outubro de 1984.
- No fim do ciclo, o tanque de armazenamento E610 continha cerca de 42 ton de MIC e o segundo, E611, cerca de 20 Ton.
- Após o desligamento, partes da unidade de produção foram desmontadas para manutenção. A torre de queima foi desligada para substituição de uma peça de um cano corroído.

Bhopal 8

- Em 21 de outubro a pressão de N no tanque E610 caiu do normal, 1.25 kg/cm^2 , para 0.25 kg/cm^2 . Dada a insuficiência de pressão no primeiro tanque o MIC necessário na fabricação passou a vir do outro tanque.
- Em 30 de novembro, devido a falha de uma válvula a pressurização do tanque E611 também falhou. Operadores tentaram pressurizar o tanque E610 mas não conseguiram. Então eles abandonaram esse tanque e repararam o sistema de pressão do tanque E611.
- 2 a 3/12/84: série de erros humanos e tecnológicos fizeram que a água usada para lavar os tubos fosse lançada através de várias válvulas abertas e no interior do tanque de MIC. A água reagiu com o MIC e produziu mistura quente e sob alta pressão, espuma e líquido que escapou e acumulou-se na atmosfera.

Bhopal 9

- Em condições normais, pequenas qt de água e MIC reagem e formam "trimmer" (um plástico). Periodicamente os tubos eram lavados para expulsar (flush out) todo "trimmer" de suas paredes. Como o mix MIC/água é muito volátil os tubos eram bloqueados com uma barreira física, chamada "slip blind", para evitar que a água fosse para os tanques de armazenagem. (p 46)
- Na tarde de 2/12, o superintendente do segundo turno de produção ordenou ao supervisor da fábrica de MIC a limpeza de vários canos provenientes do sistema de fósforo através dos tanques de armazenagem de MIC para o "scrubber"
- Embora a atividade fosse realizada pelos operadores da fábrica de MIC a colocação do "Slip blind" era responsabilidade do Depto de Manutenção, onde o cargo de supervisor do 2º turno tinha sido eliminado poucos dias antes e ninguém tinha recebido a responsabilidade de colocar o "slip blind".

Bhopal 10

- A limpeza começou às 9:30 h. Devido a entupimento das linhas de alimentação ("bleeder line"), água começou a acumular-se nos tubos. Muitas das válvulas estavam com vazamentos, inclusive uma usada para isolar os tubos que estavam sendo limpos e a água passou por aquela válvula e entrou nos canos da válvula de alívio.
- Ao notar que a água não estava vindo das linhas de alimentação, o operador desligou o fluxo mas o supervisor da fábrica de MIC ordenou que ele religasse o processo.
- Como a válvula de alívio ficava a cerca de 20 pés do solo, a água refluiu para o tanque E610. Primeiro fluiu através do "jumper system" para o tubo de processo (process pipe). Deste, que normalmente é aberto, a água fluiu pela válvula "blow-down" (deveria estar fechada) que é parte do sistema usado para pressurizar o tanque com N₂, fora de uso há semanas e que deve ter sido deixada aberta ou selada de modo inadequado.

Bhopal 11

- Com a válvula "blow-down" aberta, cerca 1100 pounds de água fluíram através de outra válvula de isolamento, normalmente deixada aberta e entraram no tanque E610, onde começou a reagir com o MIC.
- Às 22:45h: mudança de turnos. Às 23h, S Dey, o novo operador da sala de controle, notou que a P no E610 era de 10 pounds por polegada quadrada (psi), dentro da faixa de operação (2-25 psi).
- Meia hora depois um operador de campo notou um vazamento de MIC próximo ao "scrubber". Inspeção encontrou MIC e água suja vindo de um ramo dos tubos da válvula de alívio, no lado de baixo da válvula de segurança.

- Inspeção mostrou ainda: que válvula de segurança de processo tinha sido removida e que a abertura final dos canos da válvula de alívio não tinha sido selada para a limpeza. A sala de controle foi informada.
- 24:15 h, S Dey, viu que a P no E610 chegara a 25-30psi e continuava subindo. 15 minutos depois atingiu 55 psi, o topo da escala.
- S Dey correu para o tanque. Ouviu silvo vindo de válvula de segurança, indicando que ela estourara. Indicadores locais de T e P mostravam válvulas indo além dos máximos. Dey ouviu barulhos no tanque e sentiu que ele esquentara.

- Ele correu para a sala de controle e tentou ligar o scrubber que estava em stanby desde o início da última manutenção. Seus instrumentos indicavam que a soda cáustica não estava circulando dentro do scrubber.
- Ao mesmo tempo operadores de campo viram nuvem de gás sendo liberada
- Supervisores informaram o superintendente da fábrica, que suspendeu operações da fábrica e acionou o alarme de gases tóxicos para avisar a comunidade em volta. Poucos minutos depois o alarme foi desligado, deixando apenas o alarme interno da fábrica.

- Operadores ligaram os sprays anti incêndio mas os jatos de água não alcançavam os gases liberados a 30 m de altura.
- Eles tentaram ligar o sistema de refrigeração para esfriar os tanques mas o "refrigerante" ("coolant") havia sido drenado sistema. A válvula de segurança ficou aberta por cerca de duas horas.
- Dada a proximidade fábrica-favelas, milhares de pessoas foram afetadas.
- Bhopal não estava equipada para lidar com acidentes dessa magnitude (hospitais, cemitérios, etc).

Causas segundo Wisner (1993)

- 1) Erro estratégico inicial: queda de vendas, baixa competitividade
- 2) Política cega de cortes de despesas: desativação de dispositivos de segurança, redução de nº e qI do efetivo
- 3) Fábrica com falhas de concepção: baixa capacidade das torres de neutralização de gás .
- 4) Perseguição a sindicalistas
- 5) Ausência de ação das autoridades
- 6) População foi avisada com atraso, não tinha meios de transporte, desconhecia direção de fuga. Atraso no reconhecimento dos riscos das emanções, fragilidade dos serviços de saúde

HOT analysis: Causas Humanas/Sociais - 1

- Os "erros: dependem do "estado de espírito" dos empregados, do n° de staffs em cada unidade, da qd dos treinamentos e da experiência dos gerentes.
- O clima em Bhopal tolerava negligência e falta de consciência de segurança entre empregados e gerentes. Regras básicas eram desconsideradas (p 49).
- O "estado de espírito" (moral) dos empregados em Bhopal estava baixo, havia conflitos entre empregados e gerentes. Melhores empregados vinham deixando a companhia

HOT analysis: Causas Humanas/Sociais - 2

- 1. N° de operadores na unidade MIC diminuiu à metade entre 1980 e 1984.
- 2. Treinamento de segurança de operadores era inadequado.
- 3. Gerentes e empregados tinham poucas informações sobre o perigo potencial da planta e não havia plano de emergência
- 4. Quando a pressurização do tanque E610, de armazenagem, falhou, os as causas não foram investigadas
- 5. Operadores falharam na colocação de boqueio (slip blind) que evitaria a entrada de água no tanque de armazenagem durante a operação de lavagem

HOT analysis: Causas organizacionais - 1

- Dois tipos de causas: Fatores estratégicos que criam pressões sobre os operadores e conjunto de políticas operacionais e procedimentos que determinam variáveis de segurança
- 1. A pequena importância relativa da fábrica da de Bhopal para a U.C.
- 2. Histórico de erros estratégicos importantes na implantação da empresa na Índia.
- 3. Histórico de descontinuidade na alta gerência da empresa (8 gerentes em 15 anos)

HOT analysis: Problemas apontadas em auditoria de segurança 1982

- 1) Potencial para liberação de materiais tóxicos na unidade fosgênio/MIC e áreas de de armazenagem devido a falhas de equipamentos, problemas operacionais e de manutenção.
- 2) Falta de sprays fixos de proteção em várias áreas
- 3) Potencial para contaminação, excesso de pressão ou super enchimento do tanque de armazenagem de MIC
- 4) Falhas em válvulas de segurança e em programas de instrumentação - manutenção
- 5) Problemas ligados ao elevado turnover de pessoal na fábrica, principalmente na operação

HOT analysis: Causas tecnológicas: Falhas de concepção - 1

- Sistemas de alarme computadorizados e de dados do processo não incluídos no início.
- Processo permitia armazenagem de grandes qt de MIC nos tanques por tempo prolongado
- Aspersores concebidos para alcançar 12-15 m de altura e chaminé de tocha liberando gases a 33 m de altura
- Concepção da ligação (jumper line) permitindo passagem de água para os tanques de armazenagem de MIC.
- A pressão máxima permitida na torre de neutralização era 15 psi mas disco de ruptura permitia passagem de gas com até 40 psi.

HOT analysis: Causas tecnológicas: Falhas de concepção - 2

- Sistema de segurança manual, de um estágio, ao invés de SS de 4 estágios e controle eletrônico como em fábricas similares
- Ausência de sistema de backup para desviar escapes de MIC para área de rápida neutralização, como na fábrica de MIC da Bayer.
- Sistema manual usado para testes de neutralização ("scrubber startup") geralmente é menos confiável que os automáticos

HOT analysis: Causas tecnológicas: equipamentos

- Construída em 1981 a manutenção da fábrica era falha.
- Instrumentos e mostradores (gauges) pouco confiáveis
- Válvulas e tubos estavam enferrujados e vazando.
- Unidade de refrigeração (capac 30 ton) muito pequena e errática para ser efetiva em caso de reações fora de controle
- Manuais de segurança e operacionais em inglês, dificultando leitura pelos operadores.

HOT analysis: Causas tecnológicas: suprimentos

- Gases de alta toxicidade (MIC, fosgênio) usados como matérias primas sem conhecimento acerca de seus efeitos
- MIC do tanque E610 estava contaminado com níveis de clorofórmio acima do permitido

HOT analysis: Causas tecnológicas: procedimentos operacionais

- Falha na pressurização do tanque E610 foi ignorada repetidas vezes.
- Unidade de refrigeração desligada vários meses antes do acidente.
- Chaminé de tocha e torre de neutralização desativadas simultaneamente com grande qt de MIC armazenada.
- Tanque sobressalente não estava vazio para receber MIC transferido de outros tanques.
- Tanque E610 com 75 a 80% de sua capacidade quando o recomendado era até 50%.
- Não investigação das razões do refluxo da água injetada para lavagem dos tanques.