



Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo

# ANÁLISE DE RISCO

Ricardo Sbragio  
rsbragio@umich.edu

# Objetivos

- a) Compreender o que é risco
- b) Compreender a importância da análise de risco em projetos
- c) Verificar as principais etapas da análise de risco
- d) Compreender os principais métodos qualitativos e quantitativos da análise de risco
- e) Apresentar uma aplicação prática da análise de risco

# *IMPORTÂNCIA*

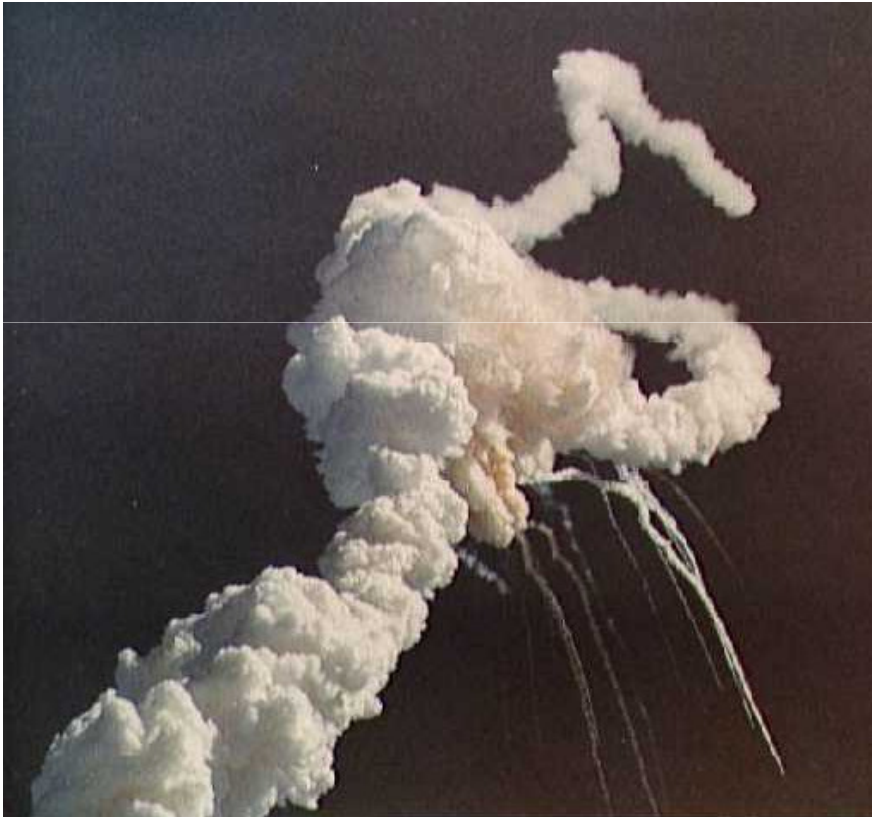
# Importância da análise de risco

*Faster, better and cheaper*



# Importância da análise de risco

*01/1986*



*02/2003*



# Cenário da época

## *Problemas com o projeto do ônibus espacial na época (1985)*

- Corte de verbas*
- Pressões políticas*

# Cenário: corte de verbas

1. Projeto: Combustível líquido x sólido:
  - Uso de combustível sólido no início da decolagem (mais barato, porém de difícil controle)



# Cenário: corte de verbas

## 2. Licitação para boosters (menor preço):

- boosters feitos em seções interligadas por juntas o’rings
- baseado no Titan III (não tripulado)
- o’rings feitos em 5 seções coladas
- criticado por competidores e pessoal da NASA
- 2º lugar melhor ranqueado em projeto técnico e segurança



# Cenário: pressões políticas

1. Cronograma de vôos do ano fiscal 1985/86:
  - da ordem de **1 vôo por mês**
  - **pressões** para cumprir prazos
  - problemas de projeto deveriam ser **rapidamente resolvidos**
  - pessoal da NASA: **trabalho extra** excessivo (fins de semana)

# Evidências de perigo

- evidências de enrijecimento dos o' rings devido à baixa temperatura no lançamento:
  - falhas na vedação
  - escape de gases aquecidos
  - erosão
- ex: lançamento do vôo 15 (24 Jan 85):
  - temperatura = 51 F = 10.6 C

# Cenário em 28/01/86

- Fabricante recomendou lançar se  $T > 53 \text{ F}$  ( $11.7 \text{ C}$ )
- temperatura no booster esquerdo (10:30 h) :  $33 \text{ F}$  ( $0.6 \text{ C}$ )
- temperatura no booster direito (10:30 h):  $19 \text{ F}$  ( $-7.2 \text{ C}$ )
- NASA decidiu lançar

# Acidente

- 0.678 segs: fumaça cinzenta escapa da junta do **booster direito** junto ao tanque externo (dados fotográficos)
- 64.660 segs: flash devido a **escape de H2** do tanque externo
- 72 segs: **falha estrutural** do tanque de H2 e explosão

# Conclusões deste caso

- evidências do perigo
  - temperatura baixa e evidências de enrijecimento nas juntas
- análise de risco mal feita ou subestimada
  - **procedimento** deveria prever cancelamento de vôo naquela condição atmosférica
- faster and cheaper X better
  - [www.me.utexas.edu/~uer/challenger/chall2.html](http://www.me.utexas.edu/~uer/challenger/chall2.html)
  - Project Management Case Studies, Harold Kerzner

# *ALGUMAS DEFINIÇÕES*

# O que é análise de risco?

- *ferramenta técnica e gerencial que ajudará na análise de projetos, permitindo:*
  - *tomada de decisões técnicas e gerenciais*
  - *melhoria da segurança*
  - *aumento de lucros*
  - *ampliação de mercados*

# Importância da análise de risco

- Não existe risco zero.
- Porém, uma **análise de riscos** minuciosa tende a reduzir ou mitigar erros resultando em:
  - maior segurança
  - maior apoio para tomada de decisões
  - menores custos



# O que é risco?



# O que é risco?



# O que é risco?

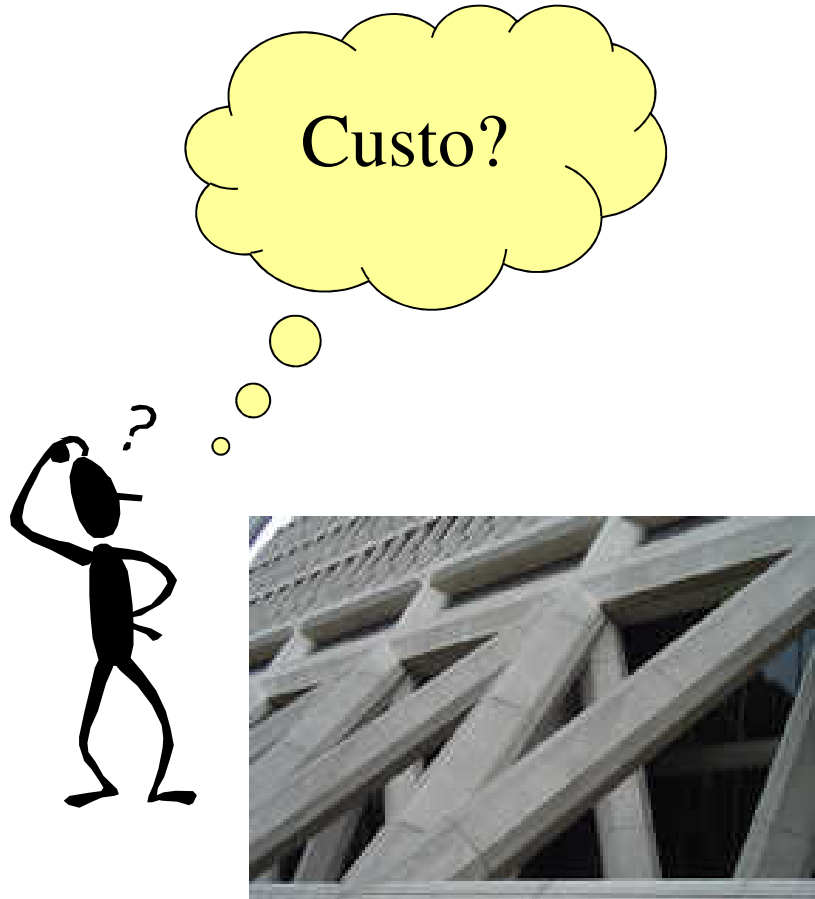
*frequência esperada*

X

*dano ou resultado esperado*

# O que é risco?

## Edifício Transamérica



# O que é risco?

## Requisitos severos de segurança

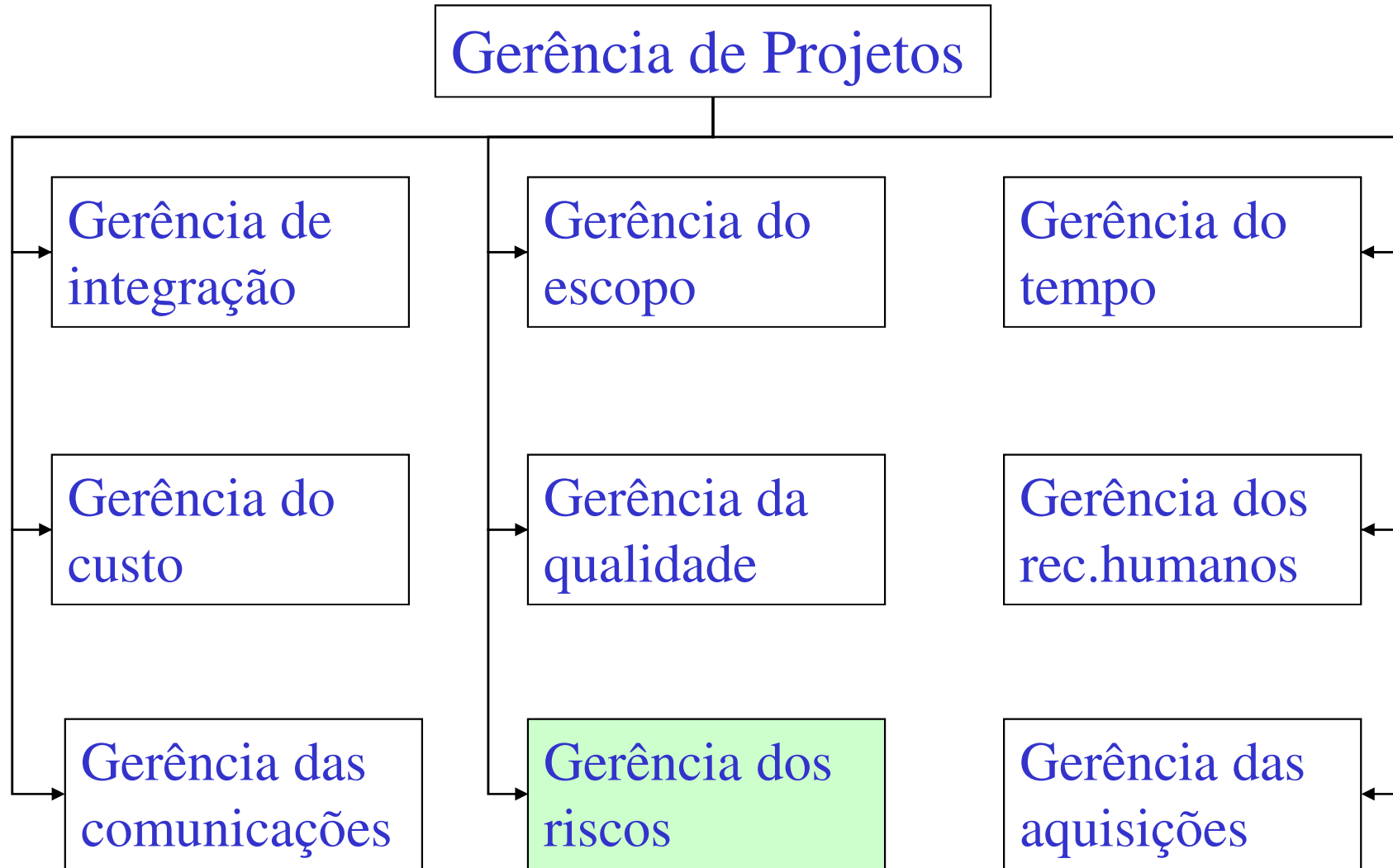
*ex: área nuclear*



# O que é risco?

- *Em segurança:*
  - *avaliar a frequência esperada e o dano esperado de um evento indesejado*
- *Em um projeto:*
  - *condição ou evento incerto que, se ocorrer, pode resultar em um efeito negativo ou positivo no objetivo do projeto.*

# *GERENCIAMENTO DE RISCO: ETAPAS DA ANÁLISE DE RISCO*





# Etapas da análise de risco

## Etapas:

- *Compreensão do projeto*
- *Planejamento da análise de risco*
- *Identificação dos riscos*
- *Análise qualitativa do risco*
- *Análise quantitativa do risco*
- *Planejamento das ações de resposta ao risco*
- *Monitoração dos resultados e controle*

# Etapas - Compreensão do projeto

Etapas:

- *Compreensão do projeto*



# Etapas - Compreensão do projeto

## *a) Compreender o projeto que será analisado*

- O que é o projeto?
- Quais as suas características?

## *b) Definir o objetivo da análise a partir das expectativas do cliente*

- Visa definir os objetivos da análise de risco e priorizá-los:
  - Segurança
  - Operação
  - Maximizar lucro ou minimizar prejuízo

# Etapas

## Etapas:

- *Planejamento da análise de risco*

# Etapas - Planejamento

## *Plano de Gerenciamento de Risco - PGR*

- equipe responsável e funções de cada componente;
- cronograma da análise de risco
- cronograma de reuniões;
- métodos qualitativos
- métodos quantitativos;
- documentos;
- métodos de monitoração dos resultados e controle; e
- prioridades ou limitadores da análise (custo, prazo, escopo do projeto e qualidade do projeto).

# Etapas

Etapas:

- *Identificação dos riscos*

# Etapas - Identificação dos riscos

- *Identificação de riscos*
  - deve ser feita da forma mais completa possível
  - natureza dinâmica de projetos: riscos inesperados
    - caráter cíclico da análise de riscos
  - técnicas de grupo (ex: brainstorming).
  - Quem deve fazer:
    - pessoas com boa experiência
    - pessoas envolvidas no projeto

# Etapas - Identificação dos riscos

- *What If Analysis*
  - utiliza questões estruturadas para cada componente

Exemplo do método What if para um compressor de ar de embarcação				
What if...? (O que ocorrerá se...)	Condição imediata do sistema	Conseqüências	Salvaguarda	Recomendações
O filtro da entrada de ar entupir	Redução do fluxo de ar no compressor, afetando a sua performance	Fluxo baixo ou nenhum fluxo causando operação ineficiente do compressor, gasto excessivo de energia, eventuais danos ao compressor ou parada do mesmo	Instalação de manômetro entre o filtro de entrada e o compressor  Substituição anual do filtro  Proteção de tela na entrada de ar	Faça com que a checagem do manômetro faça parte da rotina do operador  OU  Substitua o manômetro por uma chave de baixa pressão que alarme em uma central de máquinas



# Etapas - Identificação dos riscos

- *Hazop - Hazard and Operability Analysis*
  - utiliza palavras chaves
    - adjetivos: alto, baixo, nenhum
    - parâmetros de processo: fluxo, pressão, composição
  - feito o Brainstorming analisando os componentes de cada sistema do projeto

# Etapas - Identificação dos riscos

- *Hazop - Hazard and Operability Analysis*

Exemplo do método Hazop para um compressor de ar de embarcação					
Item	Desvio	Causas	Conseqüências	Salvaguarda	Recomendações
<b>1. Linha de entrada do compressor</b>					
1.1	Alto fluxo		Sem conseqüências de interesse		
1.2	Baixo/nenhum fluxo	Entupimento do filtro de ar da entrada  Acúmulo de água de chuva na entrada com potencial para congelamento	Fluxo baixo ou nenhum fluxo causando operação ineficiente do compressor, gasto excessivo de energia, eventuais danos ao compressor ou parada do mesmo  Fluxo baixo de ar ou nenhum fluxo de ar para equipamentos, causando queda na produção ou paradas dos mesmos	Instalação de manômetro entre o filtro de entrada e o compressor  Substituição anual do filtro  Proteção de tela na entrada de ar	Faça com que a checagem do manômetro faça parte da rotina do operador  OU  Substitua o manômetro por uma chave de baixa pressão que alarme em uma central de máquinas

# Etapas - Identificação dos riscos

- *FMEA ou AMFE*
  - Failure mode and Effect Analysis ou Análise de Modos de Falha e Efeitos
  - feito o Brainstorming analisando os componentes de cada sistema do projeto

# Etapas - Identificação dos riscos

- **Máquina/ processo:** Sistema de ar comprimido
- **Item:** 1.2.2 - Loop de controle do compressor
- **Descrição:** liga/desliga o compressor automaticamente baseado na pressão do sistema (liga a 95 psi e desliga a 105 psi)
- **Nível imediatamente superior:** 1.2 – subsistema compressor

Modo de falha	Efeitos			Causas	Indicações	Salvuarda	Recomendações
	Locais	Nível superior	finais				
Falta do sinal de partida quando a pressão do sistema estiver baixa	Circuito de controle aberto	Pressão e fluxo de ar baixos no compressor	Interrupção dos sistemas alimentados por ar comprimido	<p>Falha ou falta de calibração no sensor</p> <p>Falha no controlador ou má regulagem</p> <p>Falha no cabo elétrico</p> <p>Falha no relé do circuito de controle</p> <p>Falta de alimentação elétrica no compressor ou no circuito de controle</p>	<p>Manômetro indica baixa pressão</p> <p>Compressor não liga, embora esteja alimentado</p>	<p>Deteção normalmente rápida devido a interrupção dos sistemas alimentados pelo ar comprimido</p>	<p>Dispor de um compressor reserva com controle segregado</p> <p>Calibrar sensores regularmente de acordo com procedimento escrito</p>

# Etapas - Identificação dos riscos

- *Análise Preliminar de Perigos (APP)*
  - Visa identificar todos os **perigos** de uma instalação
  - **Perigo** é tudo aquilo que tem o potencial de causar danos

# Etapas - Identificação dos riscos

- *Análise Preliminar de Perigos (APP)*

## *Sistema de água quente*

Nº	Perigo	Causas	Conseqüências	Salvaguarda	Medidas Preventivas ou Corretivas
1	Pequena liberação de água quente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazamento no flange</li> <li>• Vazamento na válvula</li> <li>• Vazamento na bomba</li> <li>• Trinca em tubulação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesões leves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operação remota da instalação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantar programa de inspeção e manutenção</li> <li>• Prever treinamento de pessoal</li> </ul>
2	Grande liberação de água quente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura em tubulação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Queimaduras</li> <li>• Parada da planta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operação remota da instalação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantar programa de inspeção e manutenção</li> <li>• Prever treinamento de pessoal</li> </ul>

# Etapas

## Etapas:

- *Análise qualitativa do risco*

# Etapas - Análise qualitativa

- objetivos:
  - *escolher a melhor linha de ação*
  - *verificar se linhas de ação possuem risco viável*
  - *cancelar linhas de ação cujos riscos forem inaceitáveis e impossíveis de serem mitigados*
  - *priorizar riscos*
  - *desconsiderar os riscos desprezíveis*
  - *verificar impacto dos riscos*
  - *levantar plano contingente para cada risco*



# Etapas - Análise qualitativa

- métodos:
  - *Matriz de riscos e estratégias mitigadoras dos riscos*
  - *Figura de mérito*

# Etapas - Análise qualitativa

- Matriz de riscos e estratégias mitigadoras

<i>Probabilidade</i>	<i>Muito alta</i>	<i>Alta</i>	<i>Moderada</i>	<i>Baixa</i>	<i>Muito baixa</i>
<i>Conseqüência</i>					
<i>Catastrófica</i>	<i>risco muito elevado</i>				
<i>Grave</i>		<i>risco alto</i>			
<i>Moderada</i>			<i>risco moderado</i>	<i>risco baixo</i>	
<i>Marginal</i>					
<i>Desprezível</i>					<i>risco muito baixo</i>

# Etapas - Análise qualitativa

## Estratégias mitigadoras

<i>risco</i>	<i>Descrição do risco</i>	<i>Classificação</i>	<i>Estratégias mitigadoras a serem adotadas</i>
<i>a2</i>	<i>existência de softwares similares livres (sem custo)</i>	<i>Risco muito elevado</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>propaganda eficiente, ressaltando as características diferenciais do software</i></li> <li>• <i>pesquisa de campo para verificar aceitação</i></li> <li>• <i>determinar um preço adequado</i></li> </ul>
<i>a3</i>	<i>existência de softwares similares que, embora de alto custo, tenham ampla aceitação no mercado</i>	<i>Risco muito elevado</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>propaganda eficiente, ressaltando as características diferenciais do software</i></li> <li>• <i>pesquisa de campo para verificar aceitação</i></li> <li>• <i>determinar um preço adequado</i></li> </ul>
<i>a1</i>	<i>alto custo de desenvolvimento de um sistema operacional</i>	<i>Risco alto</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Controle rígido de custos utilizando Earned Value Analysis</i></li> <li>2. <i>Simplificação do escopo do software</i></li> </ol>

# Etapas - Análise qualitativa

- Figura de mérito

<i>Critério</i>	<i>peso</i>	<i>notas</i>		<i>peso * notas</i>	
		<i>LA 1: desenvolver software</i>	<i>LA 2: adquirir software</i>	<i>LA 1: desenvolver software</i>	<i>LA 2: adquirir software</i>
a) Custo	5	3	7	15	35
b) Integração com os processos da empresa	4	7	3	28	12
c) Capacidade	4	4	6	16	24
d) Facilidade de uso	3	8	2	24	6
e) Prazo	2	2	8	4	16
<i>Somatória</i>				87	93

# Etapas

Etapas:

- *Análise quantitativa do risco*

# Etapas - Análise quantitativa

- objetivos:
  - *comparar os riscos a fim de subsidiar a decisão*
  - *determinar o retorno esperado de cada linha de ação*

# Etapas - Análise quantitativa

- métodos:
  - Árvore de eventos
  - Árvore de falhas
  - Método do maior valor esperado
  - Simulação usando método de Monte Carlo

# Etapas

Etapas:

- *Planejamento das ações de resposta ao risco*



# Etapas - Planejamento da resposta ao risco

- *Itens de um Plano de Resposta ao Risco*
  - *riscos identificados e analisados*
  - *medidas mitigadoras destes riscos*
  - *ações necessárias para a implementação das medidas mitigadoras*
  - *responsável pela implementação de cada ação*
  - *recursos que serão alocados para serem usados quando necessários*
  - *prazos e conseqüências da execução das medidas*

# Etapas

Etapas:

- *Monitoração dos resultados e controle*

# Etapas - Monitoração e Controle

- Acompanhamento do projeto
  - *Earned Value Analysis (Análise de Valor Agregado)*
- Identificação de novos riscos
  - *novo ciclo de análise de risco*
  - *incluir novos riscos no plano de resposta ao risco*
- Inadequabilidade de medidas mitigadoras
  - *revisão no Plano de Resposta ao Risco*
  - *revisão dos requisitos do projeto*
    - *impossível adequar a medida mitigadora*
    - *impossível absorver o risco associado*

# *APLICAÇÃO: SEGURANÇA (ÁRVORE DE EVENTOS E DE FALHAS)*

# Análise de risco de uma plataforma

- *Objetivo: desenvolver uma análise de risco qualitativa e quantitativa de uma plataforma a fim de verificar se a plataforma, que está no seu projeto básico, apresenta níveis de segurança aceitáveis.*
- *referência:*
  - Wolford, A.J. et al.; Integrated Risk Based Design of FPSO Topsides, Structural and Marine Systems, OTC 12948, Offshore Technology Conference, 2001

# Compreensão do projeto

## *Plataforma do tipo FPSO - Floating Production Storage and Offloading System*

- *Finalidade da plataforma*
  - *Produção de óleo e gás*
  - *Armazenamento*
  - *Transferência*

# Compreensão do projeto



# Compreensão do projeto

- *Produção de óleo e gás*
  - *Regime de turnos de trabalho*
- *Armazenamento*
  - *Feito na própria plataforma*
- *Transferência*
  - *Feita para navios aliviadores pela popa da plataforma*



# aliviador



# Compreensão do projeto

- *Tripulação:*
  - *80 pessoas trabalhando em turnos*
  - *maioria na popa, afastadas dos processos de óleo e gás*

# risers



# Identificação dos riscos e análise qualitativa

- *Feita através de APP para o sistema Colisão*
- *Objetivo:*
  - *Identificar riscos*
  - *Classificar riscos*
  - *Priorizar riscos*
  - *Estabelecer as estratégias mitigadoras*

## ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS

Sistema: Colisão

Nº	Perigo	Causas	Conseqüências	Salvaguarda	Medidas Preventivas ou Corretivas
1	Colisão com aliviador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda de posicionamento dinâmico</li> <li>• Manobra de aproximação errada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Danos estruturais</li> <li>• Rompimento de risers</li> <li>• Explosão e incêndio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aliviadores com posicionamento dinâmico</li> <li>• Aproximação feita pela popa da plataforma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prever aproximação feita sem máquinas, usando rebocadores</li> </ul>
2	Colisão com navios de suprimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manobra de aproximação errada</li> <li>• Perda de posicionamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Danos estruturais</li> <li>• Rompimento de risers</li> <li>• Explosão e incêndio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projeto prevê área de descarga em apenas um dos bordos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prever aproximação pelo bordo oposto aos risers</li> <li>• prever posicionamento dinâmico</li> </ul>
3	Colisão com mercantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercante fora de rota</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Danos estruturais</li> <li>• Rompimento de risers</li> <li>• Explosão e incêndio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• estabelecer uma zona de exclusão</li> </ul>

# Análise quantitativa – árvore de eventos

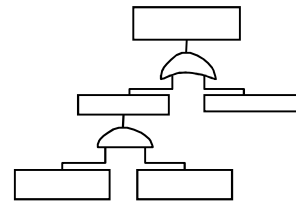
– feita por *árvore de eventos*

- *freqüência ou probabilidade de ocorrência dos eventos topo*

– Banco de dados



– *Árvore de falhas*



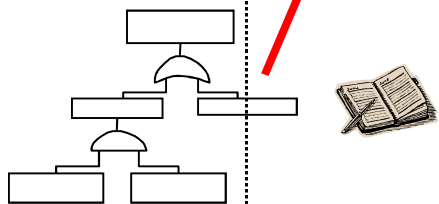
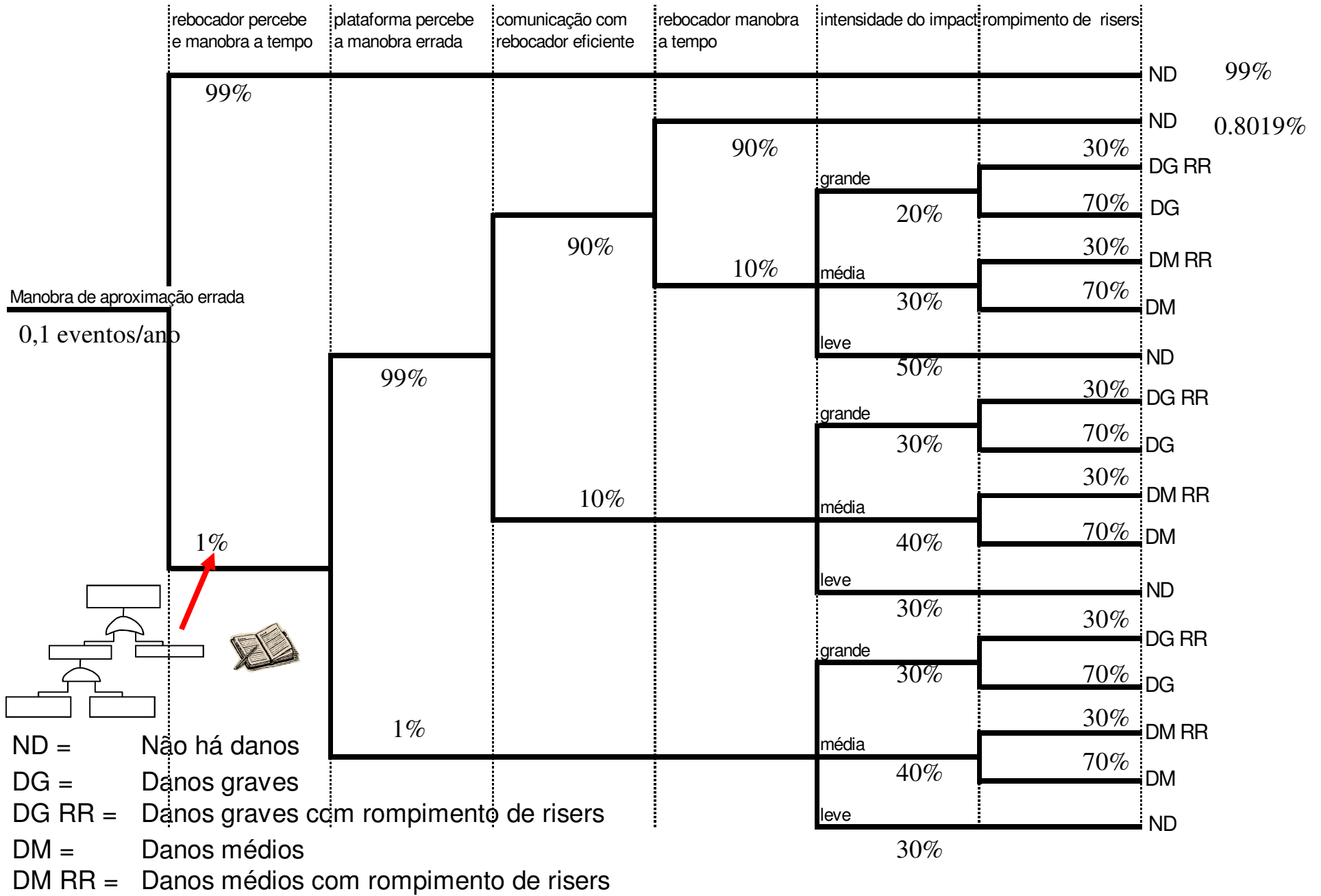
- *estudo de conseqüências*

– *O evento iniciador que será abordado é:*

***manobra de aproximação errada (com navios de suprimento)***

# Evento topo: manobra de aproximação errada

- *Eventos topo para o evento iniciador **manobra de aproximação errada**:*
  - *Rebocador percebe e manobra a tempo*
  - *Plataforma percebe a manobra errada*
  - *Comunicação da plataforma com o rebocador é eficiente*
  - *Rebocador manobra a tempo*
  - *Intensidade do impacto (grande, médio ou leve)*
  - *Rompimento dos risers*



- ND = Não há danos
- DG = Danos graves
- DG RR = Danos graves com rompimento de risers
- DM = Danos médios
- DM RR = Danos médios com rompimento de risers



# Probabilidade de dano/evento iniciador

- Calculando todas as probabilidades, dividindo por categorias e somando em cada categoria, temos a probabilidade de ocorrência de dano para cada evento iniciador do tipo manobra de aproximação errada:*

Dano	probabilidade/evento iniciador
ND =	99,8791500%
DG =	0,0353640%
DG RR =	0,0151560%
DM =	0,0492310%
DM RR =	0,0210990%
total =	100%

# Frequência de dano

- *Considerando que há 0,1 manobras de aproximação errada/ano (evento iniciador/ano), temos a seguinte frequência de danos/ano devido a este evento iniciador:*

Dano	freqüência (eventos/ano)
ND =	9,9879150E-02
DG =	3,5364000E-05
DG RR =	1,5156000E-05
DM =	4,9231000E-05
DM RR =	2,1099000E-05
total =	0,1

- *Terminamos, assim, o estudo da frequência de ocorrência. Temos que analisar, também, a consequência*

# Estudo de conseqüências

- Considerando que, em caso de uma dano grave pode haver a perda de 5 pessoas e em caso de um dano médio pode haver a perda de 2 pessoas, chega-se ao número de perdas/ano, devido ao evento iniciador manobra de aproximação errada:*

Dano	freqüência (perdas/ano)
ND =	0,0000000E+00
DG =	1,7682000E-04
DG RR =	7,5780000E-05
DM =	9,8462000E-05
DM RR =	4,2198000E-05
total =	3,9326000E-04

# Risco social ou individual

- *Vamos determinar o risco individual, ou seja, a probabilidade da fatalidade de uma pessoa, somente devido ao evento iniciador manobra de aproximação errada. Para isto vamos considerar o seguinte:*

- *freqüência (calculada anteriormente):  $3.9326e-4$  perdas/ano*
- *número de tripulantes: 80*
- *taxa de permanência: 0.38*

$$\text{Risco individual} = \frac{3.9326e-4}{80} \cdot 0.38 = 1.868e-6 / \text{ano}$$

# Comparação do risco social com padrões

- *Comparação com alguns dados da US Atomic Energy Commission (1974) - [adaptado de Lewis, 1977]:*
- *obs: feito a partir de dados para a população americana de 1969*

Tipo de acidente	Risco individual (probabilidade/ano)	comentário
	1e-3	Nível de risco inaceitável Ações devem ser tomadas rapidamente para reduzir este nível
Veículo a motor	3e-4	Há aceitação clara de gastos para reduzir este nível de risco Ex: sistemas de controle de trânsito, cercas ao redor de áreas perigosas, campanhas educativas
Incêndios	4e-5	Reconhecimento de que existe perigo. Ex: mantenha longe do alcance das crianças, nunca nade sozinho
Afogamento	3e-5	
Envenenamento	2e-5	
Armas de fogo	1e-5	
Transporte aquático	9e-6	Não há maiores preocupações. As pessoas acham que nunca ocorrerá com elas.
Viagens aéreas	9e-6	
Queda de objetos	6e-6	
Estradas de ferro	4e-6	
	1e-6	Risco considerado desprezível
Relâmpagos	5e-7	Risco considerado desprezível
Tornados	4e-7	
Furacões	4e-7	

# *CONCLUSÃO*

# *Resultados da análise de risco*

- *Auxilia na tomada de decisão*
- *Permite estabelecer as estratégias mitigadoras para os riscos identificados*
- *Permite priorizar e gerenciar riscos*
- *Permite identificar necessidades de alterações em projetos (ex: redundância)*
- *Permite verificar o nível de segurança do projeto (aprovação)*
- *Permite tornar a operação mais segura (estratégias mitigadoras)*



# Referências

- *1) Modelos para Gestão de Projetos, Amaral, J.A.A. e Sbragio, R., Editora Scortecci, 2004*
- *2) Integrated Risk Based Design of FPSO Topsides, Structural and Marine Systems, Wolford, A.J. et al., OTC 12948, Offshore Technology Conference, 2001*
- *3) PMI (2000); A guide to the Project Management Body of Knowledge, 2000 Edition, Project Management Institute*
- *4) Project Management Case Studies, Harold Kerzner (caso da Challenger)*
- *5) [www.me.utexas.edu/~uer/challenger/chall2.html](http://www.me.utexas.edu/~uer/challenger/chall2.html) (caso da Challenger)*
- *6) Report No: 21780-BR, WBI - [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org) (caso da linha 4 do metrô de São Paulo)*