



VIII
SPMCH

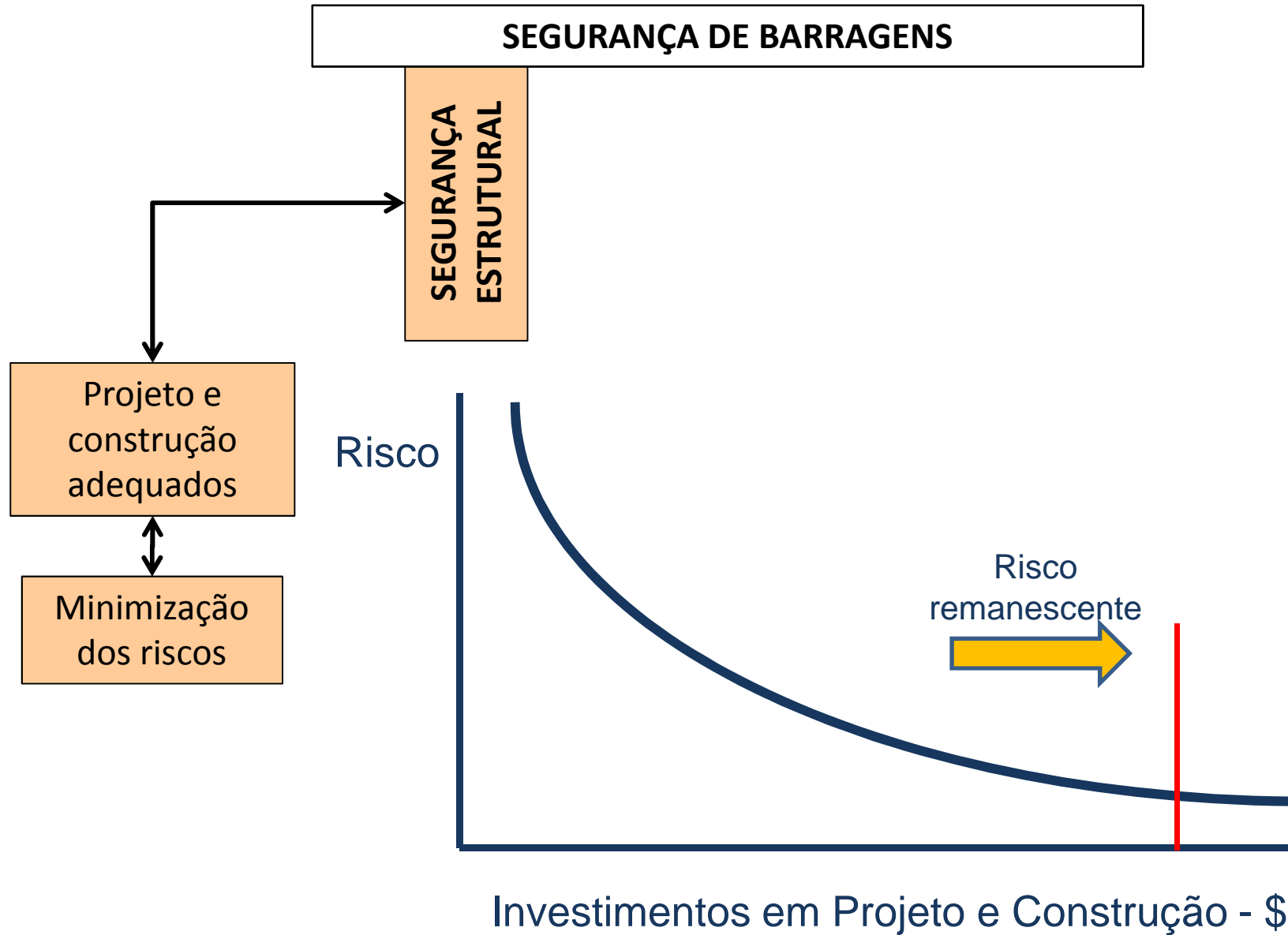
Simpósio sobre
Pequenas e Médias
Centrais Hidrelétricas

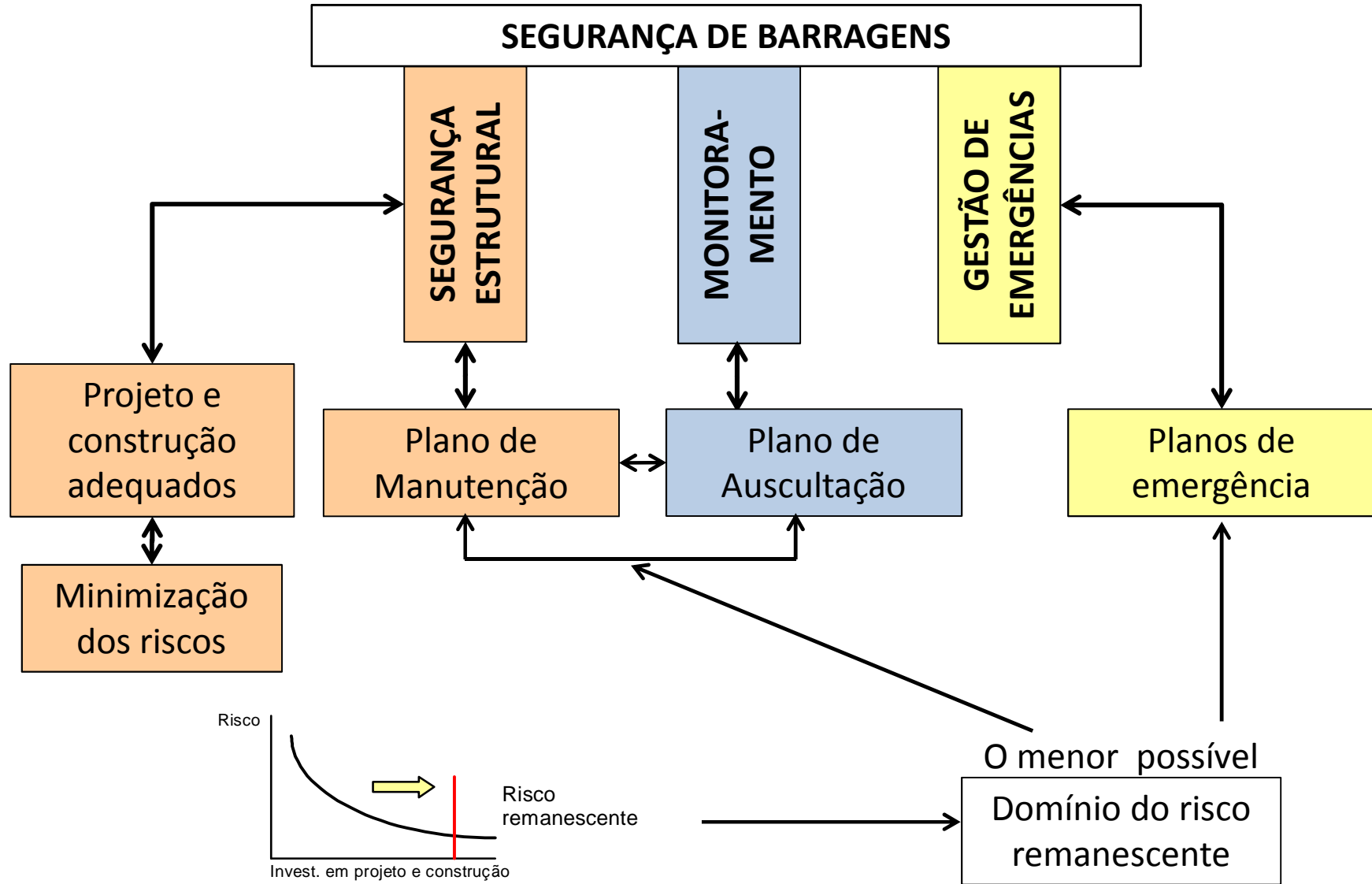


Tema 31

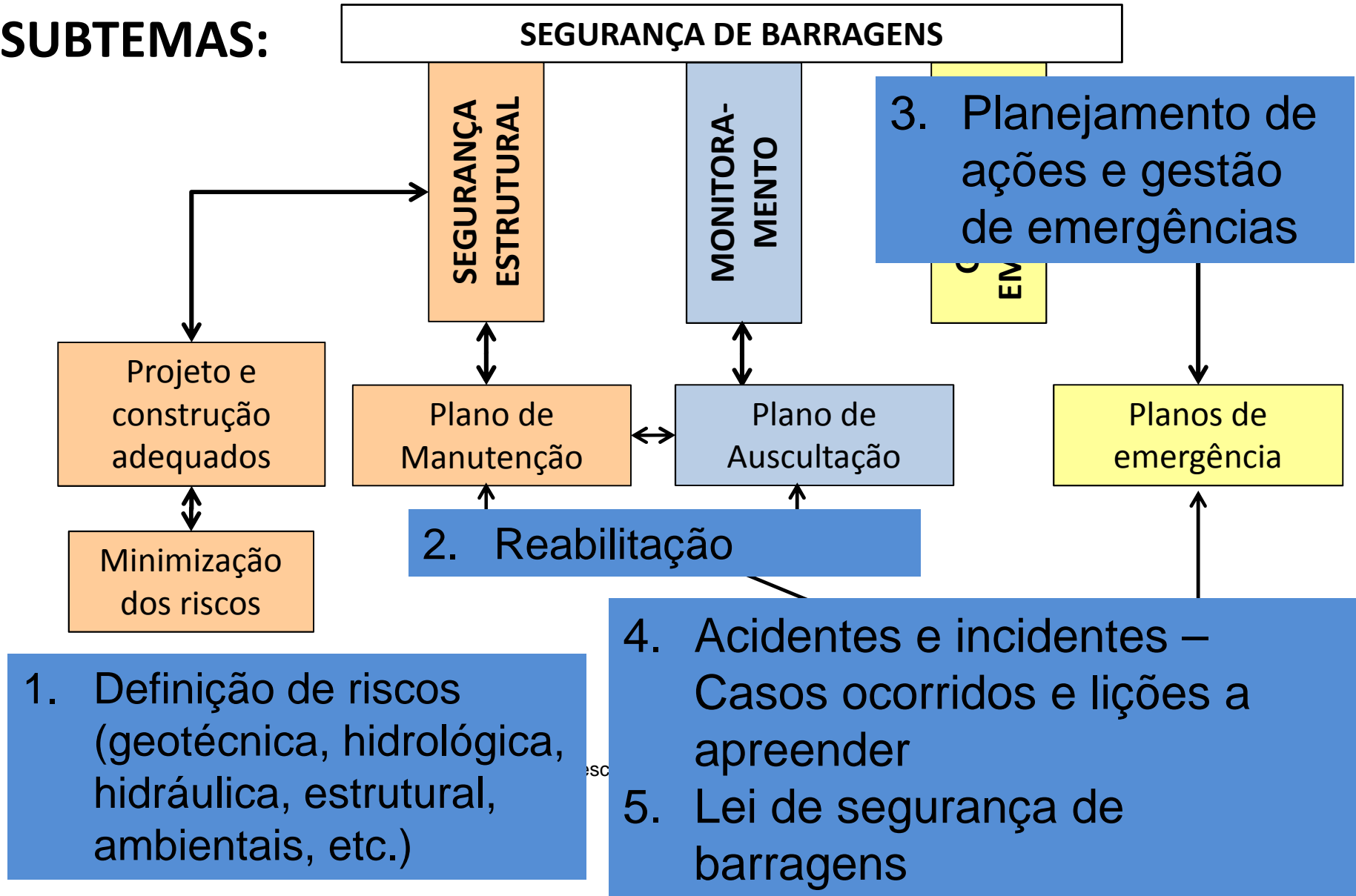
SEGURANÇA DE BARRAGENS

Relatora: Teresa Cristina Fusaro





SUBTEMAS:



Tema 31- SEGURANÇA DE BARRAGENS

DEFINIÇÃO DE RISCOS

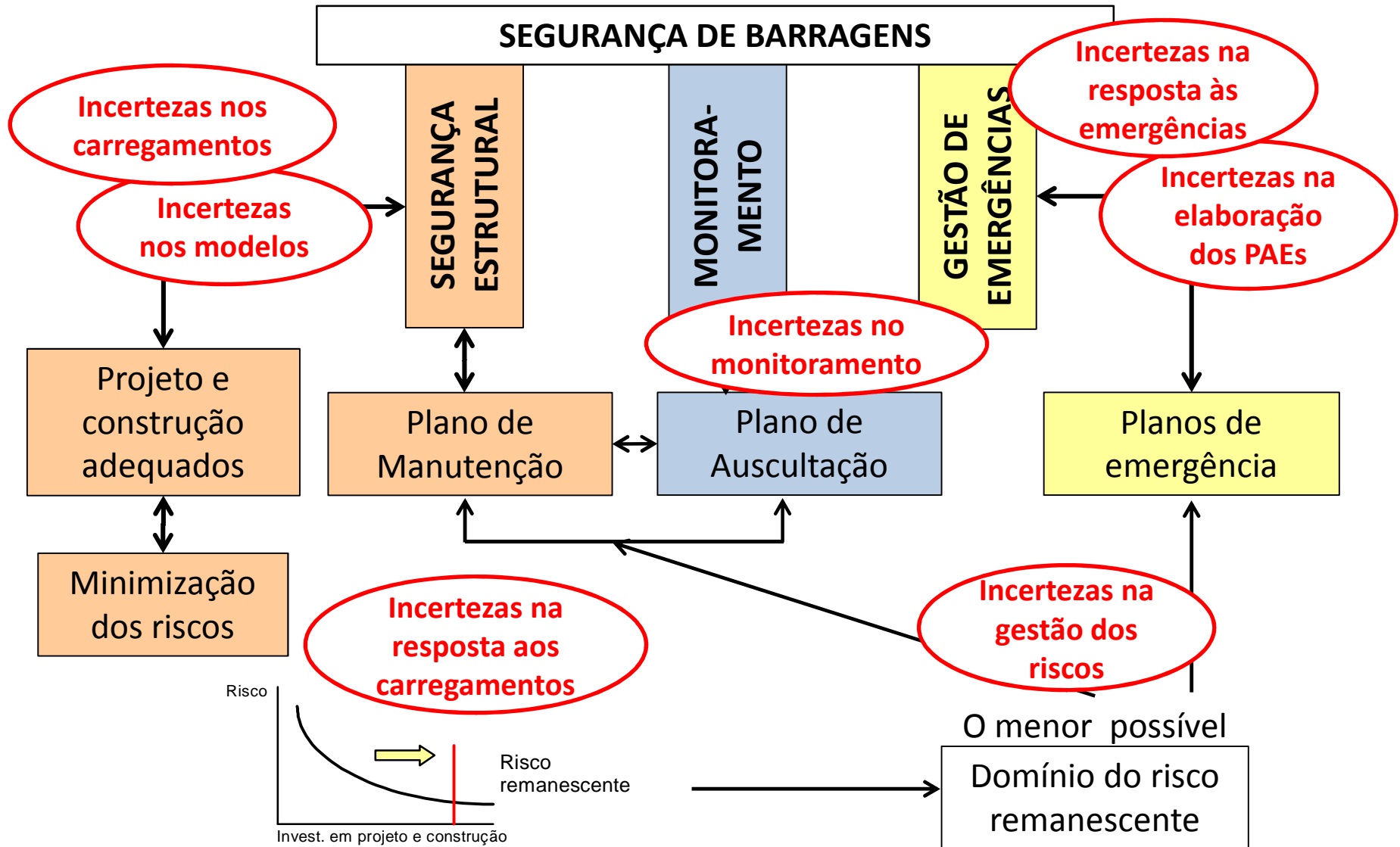
(geotécnica, hidrológica, hidráulica,
estrutural, ambientais, etc.)

Falar de “risco” é, simultaneamente, falar de oportunidade e de incerteza. É matematicamente definido como o produto da probabilidade de ocorrência de um evento pelo seu impacto ou consequência, mas esta grandeza possui múltiplos significados na linguagem corrente e na terminologia técnico-científica.

Os riscos ocorrem em todos os tipos de projeto e, mesmo que não explicitamente, são tomadas **decisões em aceitá-los, reduzi-los, mitigá-los, eliminá-lo ou transferi-los.**

No caso de barragens, apesar de toda a atenção geralmente dedicada às grandes obras de engenharia, é impossível considerar que o risco associado seja nulo.

É importante **ter consciência das decisões tomadas** em relação às incertezas encontradas ao longo da vida de uma barragem.



• Riscos associados à segurança estrutural

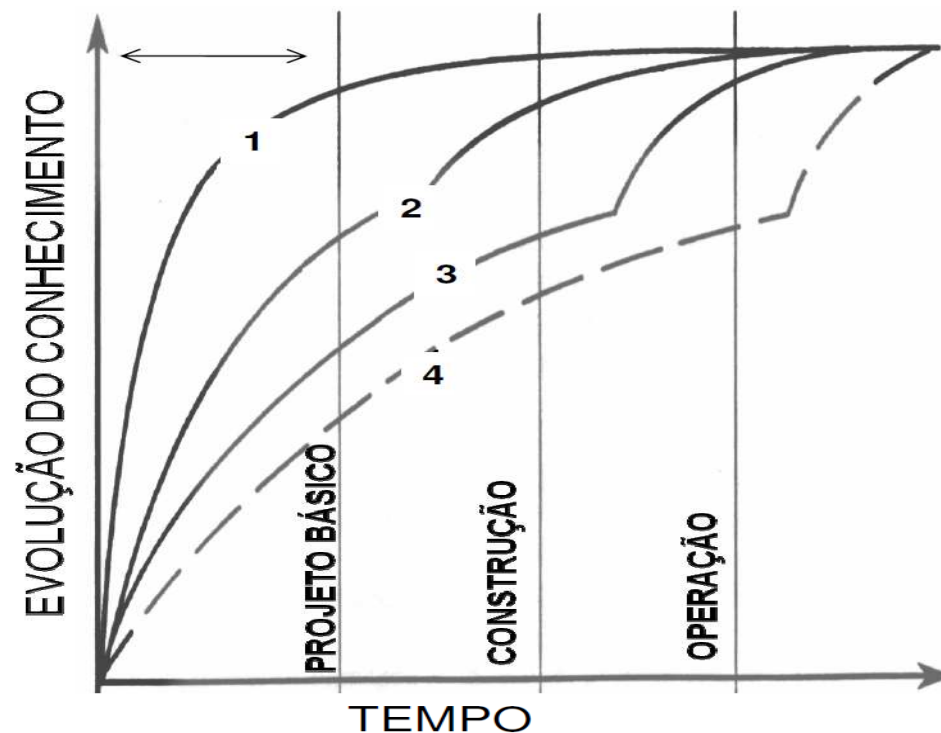
São aqueles relativos ao desempenho dos vários componentes de uma barragem sob as condições de carregamento, e podem ter origem nas fases de projeto, construção e operação:

- Definição incorreta de carregamentos e de parâmetros de projeto
- Estudos hidrológicos deficientes
- Estudos geológicos e geotécnicos insuficientes
- Variabilidade das propriedades dos materiais de construção
- Simplificações inadequadas nos modelos matemáticos
- Falta de aplicação da tecnologia disponível por baixo conhecimento ou desatualização técnica



Evolução do conhecimento sobre uma barragem e riscos associados

(Menicucci, 2008, adaptado)



Curva 1 IDEAL	Curva 2 RAZOÁVEL	Curva 3 RUIM	Curva 4 PÉSSIMA
<p>Maioria das informações necessárias disponíveis antes do término do projeto e do início de construção</p>	<p>Informações continuam a serem obtidas após o término do projeto, e poucas durante a construção. Todas as incertezas anteriormente identificadas são resolvidas e solucionadas antes da fase operacional.</p>	<p>Informações continuam a serem reveladas durante a construção e existem dúvidas ou situações não plenamente resolvidas antes do início de operação.</p>	<p>Apenas informações básicas adquiridas até o início da construção. Durante a construção inexistem ou são incipientes novos dados de investigações. Acidentes e mau desempenho de estruturas forçam a revelação, já na fase de operação, de informações não identificadas e/ou desprezadas anteriormente.</p>
Risco baixo	Risco médio	Risco alto	Risco máximo
<p>Baixo custo de alterações no projeto</p>	<p>Os custos de ajustes no projeto aumentam, devido à possibilidade de variação de quantidades e necessidade de novos serviços durante a execução.</p>	<p>Necessidades de alterações de projeto e inclusão de serviços e obras complementares podem gerar atrasos no cronograma de construção e geração e impactam os custos de forma significativa.</p>	<p>Atrasos no cronograma de construção e geração nem sempre possíveis de serem recuperados. Necessidade de estudos complementares na fase de operação e elevados custos de reparo. Maior risco de acidentes durante a fase de operação.</p>

Riscos associados à segurança estrutural (continuação)

- Falhas técnico-organizacionais nas fases de projeto e construção que, segundo Medeiros, incluem:
 - redução de prazos como símbolo de eficiência,
 - foco excessivo na redução de custos,
 - avaliação simplista da complexidade do empreendimento,
 - ingerência sobre as atividades inerentes à fiscalização e supervisão,
 - problemas de comunicação entre os atores responsáveis pelo empreendimento, dentre outros.
- Falhas técnico-organizacionais na fase de operação, como sucessivos adiamentos de medidas corretivas e falta de treinamento de operadores.



• Riscos associados ao monitoramento

São aqueles relativos ao controle permanente das estruturas e gestão dos riscos existentes:

- Inspeções visuais sem conhecimento dos aspectos de projeto e construção
- Insuficiência de instrumentação ou instrumentação não condizente com os possíveis modos de falha da barragem
- Demora ou falta de análise dos dados da instrumentação
- Deficiência na avaliação e gestão permanente dos riscos
- Simplificação de avaliação e gestão de riscos em PCHs
- Falta de profissionais habilitados.

• Riscos associados gestão de emergências

São aqueles relativos às respostas às emergências para se evitar uma ruptura ou, se esta for inevitável, reduzir as suas consequências na área industrial e no vale a jusante:

- Incertezas na elaboração dos PAEs (incertezas nos parâmetros de ruptura, nas propagações das ondas de cheia, nos dados topográficos, nas avaliações dos danos a jusante)
- Falhas no planejamento das ações de resposta
- Falha nos sistemas de comunicação, alerta e aviso
- Falta de mapas de zoneamento de risco para planejamento e ordenamento do uso e ocupação do solo.
- Deficiência na manutenção do estado de prontidão

O conhecimento das fontes de riscos para a segurança é muito importante no desenvolvimento das estratégias de resposta.

É essencial que a gestão do projeto, construção e operação assegure que **as incertezas sejam adequadamente balanceadas com julgamento técnico competente.**

A identificação e quantificação de riscos pode ser traduzida em indicadores de segurança e servir como um orientador em tomadas de decisão. Daí a importância crescente que vem sendo dada aos estudos de análise qualitativa e quantitativa de riscos.

Em “**Vertedouros com Comportas e os Riscos de Galgamento**”, Rubem Cardia apresenta um critério proposto no Boletim nº 58 do ICOLD para avaliar o risco de operação do reservatório de barragens, baseado no **parâmetro Q/S** (Cheia de projeto/Área inundada do reservatório no nível máximo maximorum).

Quanto maior este parâmetro, mais brusca seria a elevação no nível do reservatório e, conseqüentemente, o risco envolvido na operação das comportas.

Apresenta uma tabela com o cálculo do Q/S para uma série de barragens brasileiras, que merece ser analisado pelos proprietários de barragens ao desenvolver seus Planos de Ações Emergenciais.

Tema 31- SEGURANÇA DE BARRAGENS

REABILITAÇÃO

Monitorar as barragens em operação e reagir rapidamente ao comportamento inadequado ou indicadores de risco é um aspecto crítico para a segurança destas estruturas.

Deve se ter sempre em mente que as barragens são estruturas vivas e sofrem modificações ao longo da sua operação.

Nenhuma importância terá o **monitoramento de barragens**, se não se constituir em uma **ferramenta para a identificação precoce de deteriorações, tomada de decisões e se as manutenções preventivas e corretivas não forem executadas em tempo hábil.**

Daí a importância do tema reabilitação. Os trabalhos apresentados foram muito ricos, pois abordaram diferentes fatores que levam à necessidade de reabilitação de barragens.

Foram 4 trabalhos apresentados, que evidenciaram muito bem a realidade de manutenção de pequenas e médias centrais hidrelétricas, em especial as antigas:

- Deficiência de informações de projeto e construção, tornando mais difícil a definição das causas dos problemas observados e a proposição dos reparos necessários
- Capacidade de vazão dos órgãos extravasores inferior ao desejado
- Assoreamento de reservatórios
- Necessidade de execução de reparos/melhorias de custo compatível com o empreendimento

Em “**Técnicas de reabilitação de pequenas barragens de terra com capacidade insuficiente do vertedouro**”, o eng^o João Francisco da Silveira apresenta uma síntese das **técnicas para o aumento da capacidade vertente de PCHs**, com destaque para soluções de baixo custo, como o reforço da superfície do talude de jusante com o emprego de blocos de cimento articulados ou a aplicação de camada superficial em CCR.

Em “**Reforço estrutural da barragem em arcos múltiplos da PCH Rio de Pedras**”, os eng^{os} Glauco Dias e Jairo Borges Filho apresentam um caso de **reforço estrutural devido a alteração do carregamento** por assoreamento do reservatório. O processo de recuperação incluiu o levantamento cadastral das estruturas, investigações geológicas, análise de estabilidade global e integridade estrutural por modelo em elementos finitos, que comprovaram a necessidade de reforço por meio de atirantamento protendido dos contrafortes na rocha de fundação.

Em **“Implantação e recuperação do sistema de drenagem de jusante da barragem da UHE Canastra”**, Ricardo Eifler descreve as etapas de estudo necessárias e medidas corretivas implantadas para a drenagem da região a jusante da barragem em contrafortes com 26m de altura, construída em 1957. Evidencia a **difícil a definição das causas dos problemas observados e a proposição dos reparos necessários devido à falta de documentação técnica.**

Em **“Método para avaliação de drenos de fundação de barragens de concreto baseado em fibras óticas”**, os pesquisadores Roberto Pettre, Rafael Rocha e Luiz de Lacerda apresentam resultados laboratoriais da aplicação de **técnicas de medição distribuída de temperatura com fibras ótica para o monitoramento doem drenos.** Demonstrou-se que, através da análise da taxa de elevação da temperatura do cabo, é possível identificar se o meio envolvente é água ou ar, possibilitando a determinação do nível d'água no interior do dreno.

Tema 31- SEGURANÇA DE BARRAGENS

PLANEJAMENTO DE AÇÕES E GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

A gestão de situações emergenciais compõe um dos pilares da segurança de barragens e tem como objetivo principal evitar uma ruptura ou, se esta for inevitável, reduzir as suas consequências na área industrial e no vale a jusante.

O sucesso dos PAEs em certos países é normalmente atribuído ao fato de estarem acostumados a lidar com ameaças freqüentes de algum tipo de fenômeno natural, guerras ou terrorismo, e ao seu grau de desenvolvimento econômico e cultural.

No Brasil, diversos fatores contribuíram para uma **ausência de cultura de preparação e planejamento para lidar com situações emergenciais, fossem naturais ou tecnológicas**. Desastres naturais e também diversos incidentes e acidentes com barragens ocorridos nos últimos anos sensibilizaram a sociedade brasileira e a forma como os riscos são percebidos e como devem ser tratados [7].

Para as barragens, a aprovação da Lei 12.334/10 e a exigência para “elaboração do PAE em função da categoria de risco e dano potencial associado” tem motivado uma grande discussão em torno do tema entre os empreendedores de barragem no Brasil.

Assim, as trocas de experiências entre empreendedores e consultores que já vem avançando no tema há algum tempo, e outros que estão trabalhando para implementar seus próprios planos, tende a enriquecer a discussão e contribuir para o aprimoramento desses importantes documentos.

A gestão de emergências soma-se, então, aos outros pilares da segurança de barragens como uma garantia adicional na proteção da população que vive a jusante das barragens.

Foram 3 os trabalhos apresentados, complementares uns aos outros.

Em “**Algumas considerações sobre a importância do plano de ação emergencial – PAE**”, o engenheiro Ruben Cardia faz uma ampla e interessante revisão sobre o assunto e discorre sobre os conceitos de PAE e sua formatação por alguns organismos internacionais e no Brasil. Foi discutida a **importância da definição e divisão de responsabilidades**: *Plano de Ação de Emergência – PAE* (do Proprietário); e *Plano de Reação de Emergência – PRE* (Defesa Civil) e como este tipo de procedimento vem sendo empregado com sucesso em outros países.

Discute ainda que a implantação do programa do PAE, com a divulgação dos possíveis impactos e conseqüências de incidentes e/ou acidentes com barragens, poderá gerar **preocupações injustificadas para a população**. Sugere, portanto, que já no início do deste processo, sejam previstas ações de divulgação para as populações envolvidas, com a participação de entidades e órgãos regionais e locais.

Em “**Planos de Ações Emergenciais de Barragens na Cemig GT**“, o eng^o Diego Balbi cita a importância dos planos de ações emergenciais e apresenta a metodologia empregada para sua elaboração na Cemig GT. Discute a necessidade de se tratar as barragens de PCH pelo seu risco (probabilidade e dano potencial) e não apenas pela sua capacidade de geração.

Analisa a relevância de se trabalhar os planos no nível interno (empreendedor) e externo (autoridades de defesa civil), para garantir, efetivamente, a segurança do sistema vale-barragem:

- O empreendedor constantemente orientado para garantir a segurança das suas estruturas, e numa situação de crise focado no restabelecimento da segurança de forma a evitar ou minimizar uma catástrofe maior.
- A Defesa Civil deve identificar mudanças no vale, mantendo planejamento de emergências para os diversos riscos que ameaçam a população, entre eles, inundações.”

Em “**Gerenciamento integrado de ocorrências: um estudo de caso**”, os autores Glauco Mello e Auro Ferreira apresentam os resultados de simulados de treinamento em emergência em PCHs para 5 cenários: falha nem unidade geradora, perda de corrente contínua da usina, invasão da área operacional da usina, vazamento de óleo e inundação da casa de força por elevação do nível de água de jusante.

Este trabalho faz refletir sobre **a importância das equipes lotadas nas usinas estarem preparadas para reagir** adequadamente nas situações de emergência e, talvez, de que **todas as ações de emergência possam estar reunidas em um volume único**, para facilitar o treinamento e manutenção de um estado de prontidão.

Tema 31- SEGURANÇA DE BARRAGENS

ACIDENTES E INCIDENTES – CASOS OCORRIDOS E LIÇÕES A APRENDER

Apesar de não terem sido trabalhos apresentados especificamente para este subtema, em **“Técnicas empregadas na reabilitação de pequenas barragens de terra com capacidade insuficiente do vertedouro”**, o eng^o João Francisco da Silveira cita exemplos muito interessantes de rupturas de pequenas barragens de terra devido à insuficiência dos órgãos extravasores.

Segundo o autor, “as estatísticas nacionais mostram que galgamento devido a projeto inadequado do vertedouro, bloqueio do vertedouro por materiais flutuantes, ou recalque da crista, respondem por cerca de 34% das causas de ruptura de barragens”. Descreve a experiência com as barragens de Santa Helena, na Bahia, e da barragem de Paraguaçu Paulista, em São Paulo, que vieram a confirmar que a incorporação de estruturas de vertedouro sobre aterros de barragens pode constituir uma solução de alto risco.

Tema 31- SEGURANÇA DE BARRAGENS

LEI DE SEGURANÇA DE BARRRAGENS

Lei 12.334/2010

PONTOS A SEREM DEFINIDOS PELA REGULAMENTAÇÃO

- Classificação de barragens
- Plano de Segurança de Barragens
- Tipos de inspeção e sua periodicidade

LEI 12.334/2010

Seção I – Da Classificação

Art. 7º As barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, **por categoria de risco, por dano potencial associado** e pelo seu **volume** com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

§ 1º A classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento do plano de segurança de barragem.

§ 2º A classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem.

Seção II – Do Plano de Segurança da Barragem

Art. 8º O Plano de Segurança da Barragem deve compreender, no mínimo, as seguintes informações:

- I – **identificação** do empreendedor;
- II – **dados técnicos** referentes à implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação desta Lei, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem;
- III – **estrutura organizacional** e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem;
- IV – **manuais de procedimentos** dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;
- V – **regra operacional dos dispositivos de descarga** da barragem;
- VI – indicação da **área do entorno** das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem;
- VII – Plano de Ação de Emergência – **PAE**, quando exigido;
- VIII – **relatórios das inspeções** de segurança;
- IX – **revisões periódicas de segurança**.

Tipos de Inspeção conforme Lei 12.334/2010:

- Inspeção Regular
- Inspeção Especial
- Revisão da Segurança de Barragens

Considerações:

- Nomenclatura pouco usual para tipos de inspeção
- Estudo dos tipos de inspeção apresentados nas legislações do Canadá (Québec e British Columbia), Espanha, Portugal, França, Áustria, Suécia
- Estudo de tipos de inspeção propostos pelo CBDB, ICOLD, FERC, US Corp of Engineers, Eletrobrás e COPAM
- No Brasil, revisão dos conceitos mais consolidados nas empresas de geração- ABRAGE

Categoria de Risco	Classe da Barragem		
ALTO	C	B	A
MÉDIO	D	C	B
BAIXO	E	D	C
Danos Potenciais	BAIXO	MÉDIO	ALTO

Tipo de Inspeção	Classe da Barragem				
	A	B	C	D	E
Regular	semestral	anual	anual	anual	bienal
Especial	quando necessário				
Revisão Periódica de Segurança	5 anos	10 anos	12 anos	15 anos	20 anos

Em **“A Política Nacional de Segurança de Barragens - Cuidados dos agentes de geração na regulamentação da lei nº 12.334/2010 - Visão da Companhia Energética de São Paulo”**, os autores fazem um histórico da evolução da legislação referente à segurança de barragens no Brasil, culminando com a assinatura da Lei 12.334/2010, um marco importante para o país, indo de encontro ao anseio do meio técnico que atua nesta área.

A fase de regulamentações tem gerado grande troca de informações entre órgãos regulamentadores e empreendedores, o que é de suma importância para que efetivamente seja possível aplicar e atender a Lei em sua plenitude.

Ressaltam, ainda, que as concessionárias e empreendedores do Setor Elétrico possuem procedimentos de segurança de barragens que convergem para atendimento às determinações da Lei, porém haverá necessidade de ajustes para pleno atendimento ao dispositivo legal.

Em “**Contribuições de Itaipu e aplicabilidade da lei 12.334/2010 Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas**”, o eng^o João Menezes Silva e a pesquisadora Edna Possan destacam a importância da lei por afetar diretamente a sociedade e como forma de colocar em prática as atividades de segurança em todas as barragens em operação.

O artigo salienta a necessidade de formação de profissionais qualificados e a possibilidade de compartilhamento de conhecimentos como primordiais para a segurança de barragens.

Destaca-se neste ponto o legado que vem sendo construído por Itaipu, através do Parque Tecnológico e do CEASB, Centro de Estudos Avançados em Segurança de Barragens, um espaço técnico-científico destinado a pesquisas avançadas sobre o tema.

Tema 31- SEGURANÇA DE BARRAGENS

CONCLUSÕES

- A segurança de barragens está apoiada no tripé Segurança Estrutural, Monitoramento e Gestão de Emergências. É essencial que a gestão do projeto, construção e operação assegure que as incertezas sejam adequadamente balanceadas com julgamento técnico competente, para evitarmos riscos a estes pilares da segurança.
- Os trabalhos apresentados demonstram a preocupação e um alto nível de comprometimento dos profissionais e empresas com a segurança de barragens, evidenciando que o tema não está restrito apenas a encontros técnicos e seminários, mas que é uma realidade nas empresas proprietárias de usinas hidrelétricas.
- É sintomática a ausência de trabalhos sobre acidentes e incidentes, a perda de uma oportunidade para debates e aprendizagem.

- O tema Segurança de Barragens é especialmente importante para as pequenas e médias centrais, seja por serem antigas (pouca documentação, envelhecimento), seja por serem novas e, apesar da pequena geração, muitas vezes possuírem estruturas complexas.
- A assinatura da Lei 12.334/2010 é um marco importante para o país, indo de encontro ao anseio do meio técnico que atua na área de segurança de barragens.
- O processo de regulamentação da Lei tem incentivado uma rica troca de experiência entre proprietários, operadores e órgãos reguladores, com a discussão e disseminação das melhores práticas, contribuindo para o objetivo maior: a segurança de barragens.



VIII Simpósio sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas
Tema 31 – SEGURANÇA DE BARRAGENS

MUITO OBRIGADA,

Teresa Cristina Fusaro – Cemig GT