

**CURSO: UTILIZAÇÃO DO GUIA DE  
DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETO DE BARRAGENS E REVISÃO  
PERIÓDICA**

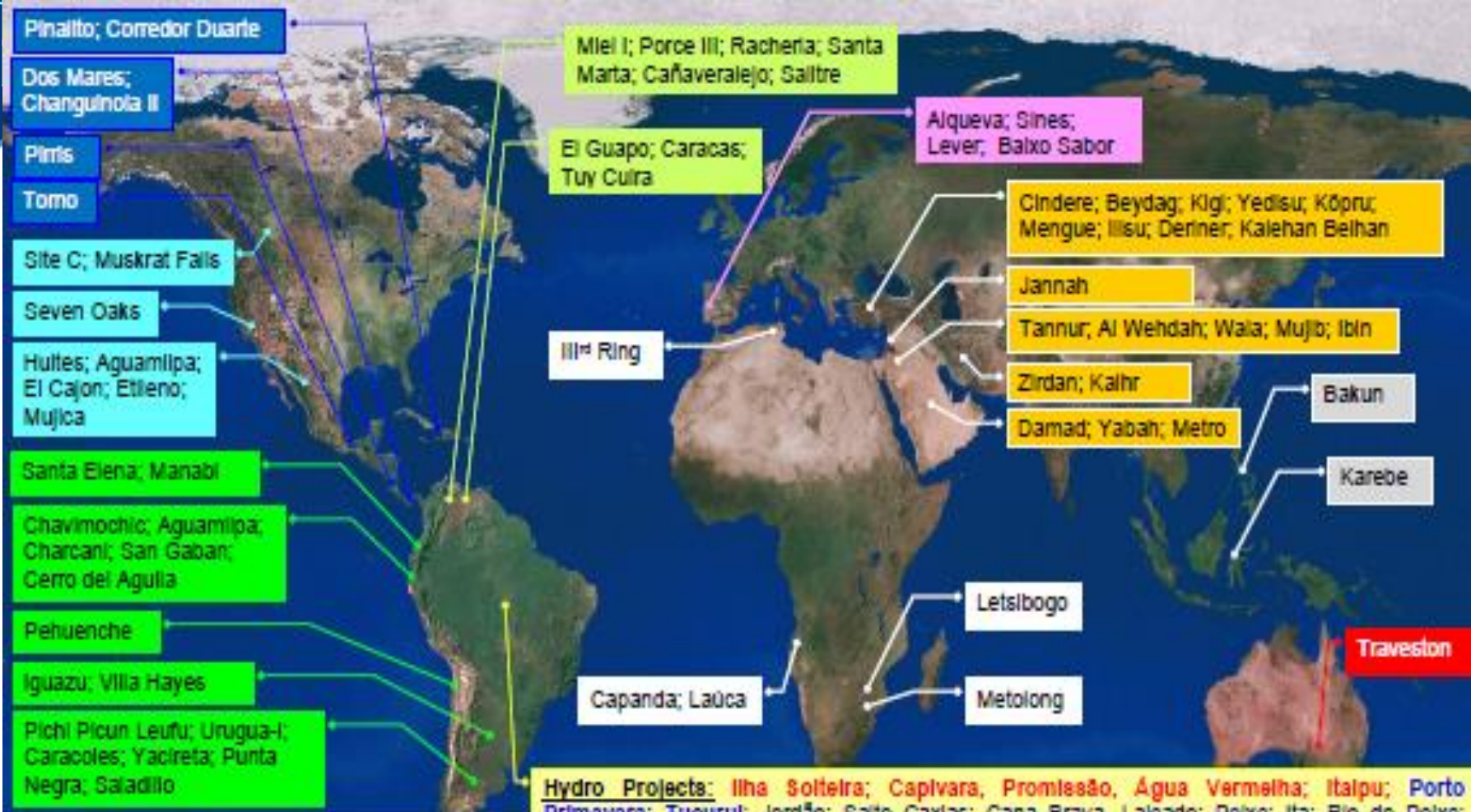
**MÓDULO 3: BARRAGENS E ESTRUTURA DE CONCRETO**

**DATA: 04 de Abril de 2017**

**HORÁRIO: 13:30 às 17:30**

**PALESTRANTE:** *Eng. Francisco Rodrigues Andriolo*

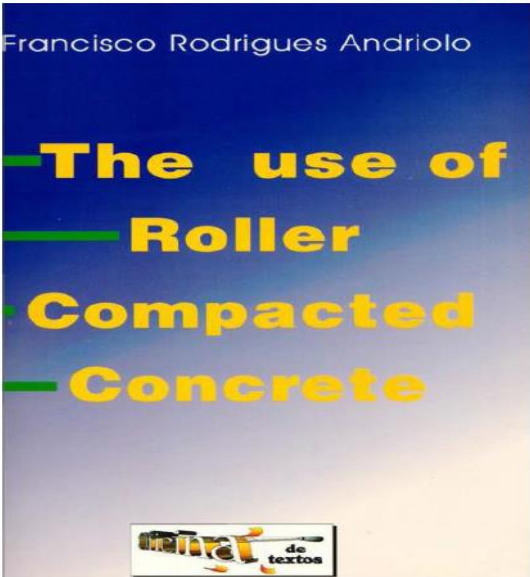
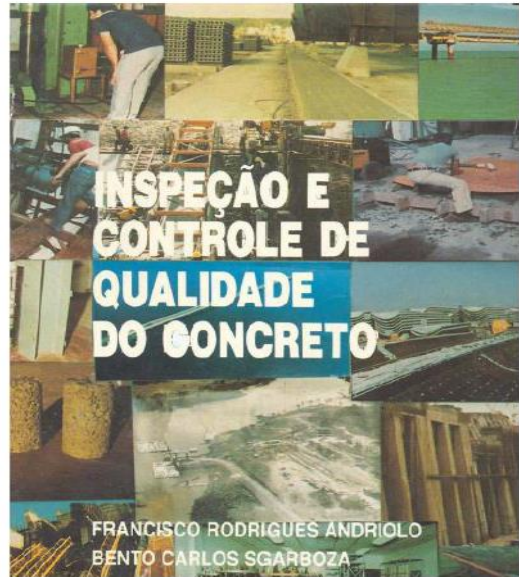
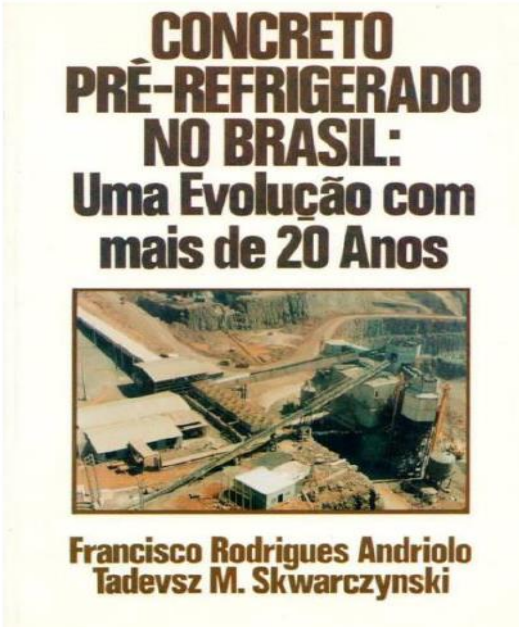
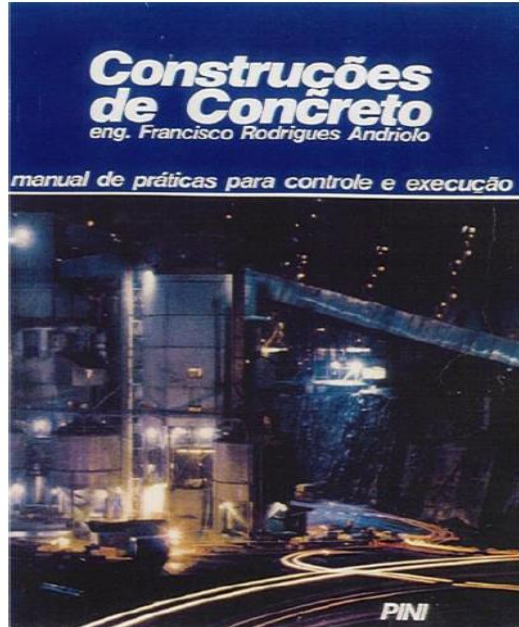
# PARTE A

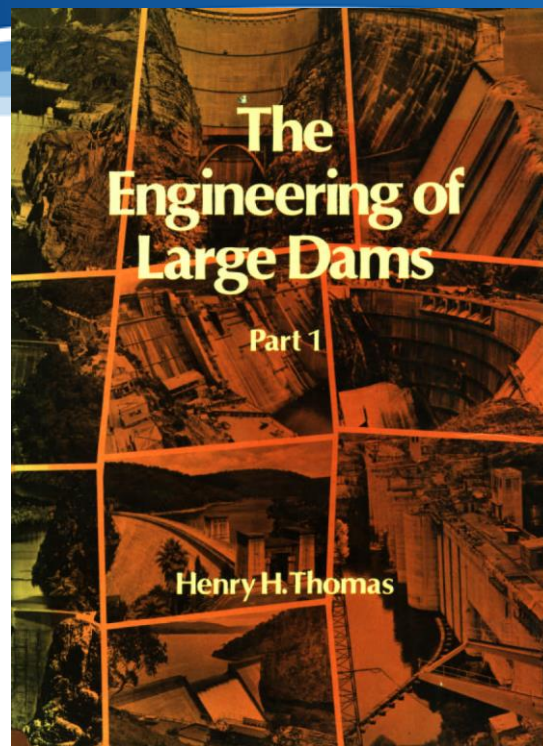


- 🏗️ More than 120 Concrete Works;
- 🏗️ More than 80.000.000 m<sup>3</sup> concretes;
- 🏗️ More than 28 Countries;
- 📄 More than 165 Published Papers
- 📖 9 Books
- 🏆 1 Technical Award and Nominated Concrete Laboratory –CESP-IS;
- 🏆 Membro da Academia Nacional de Engenharia (2015)

**Hydro Projects:** Ilha Solteira; Capivara, Promissão, Água Vermelha; Itaipu; Porto Primavera; Tucuruí; Jordão; Saito Caxias; Cana Brava, Lajeado; Pelxe; Ita; Rio do Pelxe; Machadinho; Itapebi; Pindobaçu; Picada; Bandeira de Melo; Xingo; Manso; Aito Jauru; Terra Santa; Indavaí; Ombrelras; Aito Iraní; Plano Alto; Paranatinga; Pirapama, Ilha; Segredo; Jararaca; Rondon II; Corumbá; Candonga; Serra Preta; Cachelra Grande; Pirapama; Belo Monte, Estreito, Jirau; Ponto Novo; Caçu; Barra dos Coqueiros; Rio Claro; Palmeiras; Paranatinga; Retiro; XIV Julho; Castro Alves; Saito Pilião; Corumbá IV; Santa Helena; Rio Descoberto; São Manoel; Sinop; **Metros:** Rio de Janeiro, Brasília; Sambódromo; **Treatment Plant:** Belém; Saneago; **Thermal Plants:** Jacuí- Recife; **Expressways:** Ecovias-Imigrantes-Fernão Dias; Expressa Sul; Br-40- 232; **Ports:** Saulepe; Navegantes; Coqueiros; Açú; Base Naval; **Airports:** Recife; Maringá; **Bridges-Industrial Buildings- Stadlums:** Piracicaba River; Mar Pequeno; Brennan Cement; CSN; Olímpico

**COMENTÁRIOS SOBRE AS DIRETRIZES REALIZADOS COM BASE NOS SEGUINTE LIVROS**





## **1.4 Responsibility—Moral and Legal**

The Engineer has responsibility both moral and legal to the community. The first implies that he must act with integrity, giving due consideration not only to the particular purpose of his project but also to the ultimate effects of his project on his fellow human beings. His first responsibility is safety. In Chapter 3 examples

## CONCEITOS DE INTERESSE GERAL

Responsabilidade	
<b>Origem</b>	Originada do latim <b>respondere</b> , que significa "responder, prometer em troca".
<b>Conceito</b>	É o dever de arcar com as consequências do próprio comportamento ou do comportamento de outras pessoas . É uma obrigação jurídica concluída a partir do desrespeito de algum direito, no decurso de uma ação contrária ao ordenamento jurídico
<b>Esferas</b>	Cível, penal e funcional

## Responsabilidade Esferas/Campos/Âmbitos

### Civil

Distingue-se entre

- Responsabilidade civil contratual (resultante da falta de cumprimento das obrigações emergentes dos contratos, dos negócios unilaterais ou da lei) e,
- Responsabilidade civil extracontratual (dimanada da violação de direitos absolutos ou da prática de certos atos que, embora lícitos, causam prejuízos a outrem).

É a obrigação de reparar ou indenizar por eventuais danos causados no exercício da atividade. Materiais aplicados, serviços, cuja competência é exclusiva do profissional, e da responsabilidade pela solidez e segurança da construção no qual o profissional responde durante cinco anos, a partir da formalização da data do término da obra. Daí a importância de ter um documento formal de entrega com data e aceite do cliente/usuário

Para diminuir os riscos pelos materiais, tornou-se praxe executiva a especificação através do "Memorial Descritivo", determinando tipo, marca e dimensões, dentro dos critérios exigíveis de segurança, distribuindo a responsabilidade pelo fornecedor/fabricante que deve garantir as especificações técnicas dentro dos critérios de segurança.

## Responsabilidade Esferas/Campos/Âmbitos

### Social

Os consumidores dão preferência às empresas que demonstram ter uma consciência social.

A responsabilidade social empresarial está intimamente ligada a uma gestão ética e transparente que a organização deve ter com suas partes interessadas, para minimizar seus impactos negativos no meio ambiente e na comunidade

### Técnica

Decorre das atividades específicas dentro das várias modalidades das categorias da área tecnológica que realizam (projeto, execução, consultoria, peritagem). Apenas como exemplos:

- um arquiteto que elabora o projeto de uma casa será o responsável técnico pelo projeto;
- o engenheiro civil que executa a construção desta mesma casa será o responsável técnico pela construção;

Um engenheiro agrônomo que projeta determinado cultivo especial de feijão será o responsável técnico pelo projeto desse cultivo.



## SEGURO

Há uma crescente demanda por uma responsabilidade mais rigorosa dos proprietários/concessionários da barragem em caso de danos de qualquer tipo causados a terceiros. O pior caso é, obviamente, que o colapso da barragem e o conseqüente impacto enorme que levaria. Os proprietários/concessionários são obrigados a subscrever um seguro de responsabilidade civil de terceiros.

### SEGURO

#### **Princípio de qualquer seguro consiste**

Definir a extensão dos possíveis danos causados por qualquer evento considerado, definindo a probabilidade da ocorrência de qualquer um dos casos previstos, multiplicando o risco e observando o dano pela probabilidade de ocorrência correspondente. Resumindo os riscos e propondo o prêmio de seguro usando um "fator de segurança" apropriado de computação para cobrir os custos, as despesas gerais e contingências.

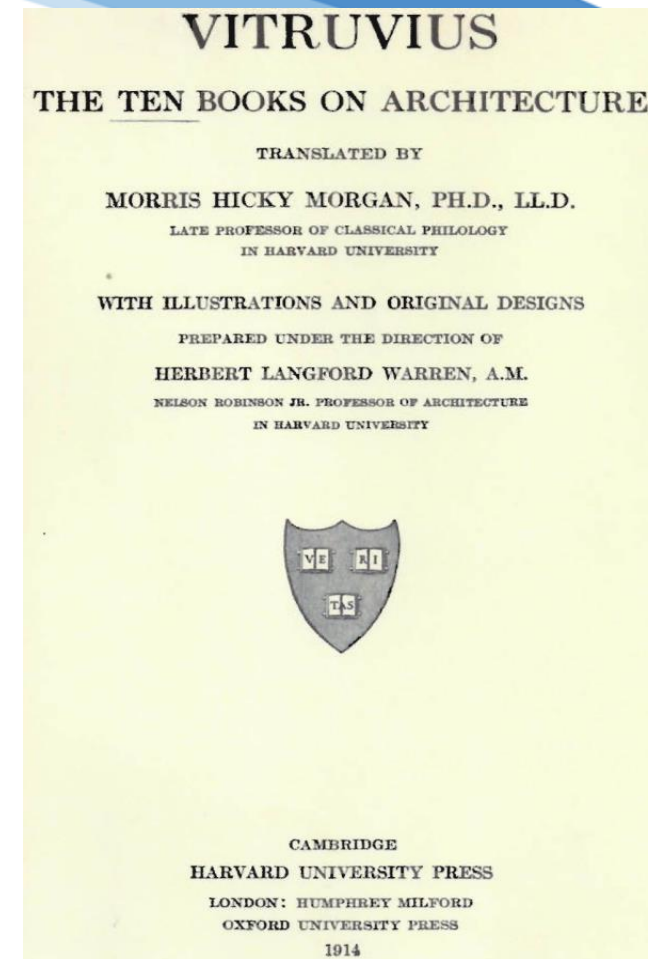
# PRINCIPIO DE CÓDIGO DE OBRAS

**Marcus Vitruvius Pollio** (nascido 80 – 70 A.C., morreu depois de 15 A.C.) foi um escritor romano, arquiteto e engenheiro, ativo no século I A.C..

Ele é mais conhecido como o autor da obra de vários volumes **De Architectura** ("sobre arquitetura").

O "**De architectura**", hoje conhecido como os dez livros na arquitetura é um tratado escrito em latim e grego sobre arquitetura, dedicado ao **Imperador Augusto**.

É interessante lembrar os principais temas de cada um desses livros



**Livro I** Vitruvius dedica seus escritos para transmitir conhecimento pessoal sobre qualidade dos edifícios do imperador e a educação-qualificação do arquiteto

**Livro II** Dedicar-se às pedras, tijolos, areia, cal, pozolana, sua dosagem, madeira e métodos de construção de paredes

**Livro III** Foi criado sobre o artístico, o corpo humano e dimensões e a simetria; Fundações, arranjos das colunas, proporções entre a base e a altura



**Livro  
IV**

Vitruvius mencionou:

*"...Tenho observado, Imperador, que muitos em seus tratados e volumes, comentários sobre a arquitetura que não apresentaram o assunto de modo completo e ordenada, mas têm apenas um começo sem terminar, ou seja, apenas fragmentos incompletos. Portanto, pensei que seria algo digno e muito útil ordenar toda a esta obra de arte, de uma forma completa e com apresentação e em seguida em livros diferentes para estabelecer e explicar as características necessárias de diferentes ambientes..."*

**Livro  
V**

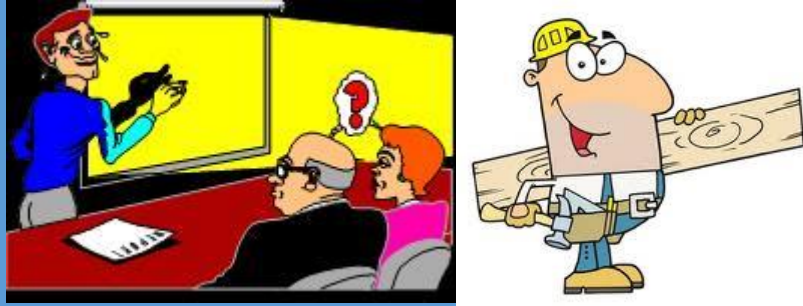
Mencionou sobre os templos, basílicas, teatros, prisões, banhos, casas do Senado, fóruns, Colunatas e passeios, portos, quebra-mares, estaleiros; suas fundações, espaço interno e acústico



<b>Livro VI</b>	Cita sobre sobre o clima e o estilo das casas e ambientes;
<b>Livro VII</b>	Mencionou sobre pisos, tetos e estuques; Cores e acabamento e pintura
<b>Livro VIII</b>	Fala sobre como encontrar água, propriedades e conhecimento das águas, nivelamento e instrumentos de nivelamento, aquedutos, poços e cisternas



<b>Livro IX</b>	Relatou sobre o Zodíaco e os planetas, as fases da lua, o curso do sol através dos doze signos; as constelações, a astrologia e prognósticos do tempo; a analema-declinação e suas aplicações, os relógios de sol e relógios de água
<b>Livro X</b>	Mencionou sobre máquinas, implementos, ferramentas, talhas, elementos de movimento, motores para elevar água, rodas de água e moinhos de água, o parafuso de água, catapultas, aspectos de defesa



Do Livro I soube-se que a qualificação do engenheiro é importante, para desenvolver e ensinar o trabalhador.

Com base da experiência deste palestrante pode-se dizer que o trabalhador torna-se confiante quando ele se torna capacitado com o que ele aprendeu com seu superior, e uma sinergia emerge!



O Livro IV ensinou que a organização é importante, e com a disciplina e planejamento é possível alcançar o sucesso.



# **DOCUMENTOS DE CONTRATO PARA CONSTRUÇÃO**

## DOCUMENTOS DE CONTRATO PARA CONSTRUÇÃO

### Generalidades



Os documentos do contrato de construção, em geral, incluem o contrato de proprietário/construtor, condições gerais e suplementares, plano e especificações, aditamentos emitidos antes do término da licitação, oferta do Construtor, aviso de adjudicação, desempenho e obrigações de pagamento e emitidas durante a construção do projeto de ordens de alteração do contrato.

Esses documentos formam a base de entendimento entre o proprietário e o construtor. O construtor é responsável para a realização de acordo com os termos do contrato e para a construção da instalação descrita nestes documentos. Existem outros documentos técnicos que, normalmente, são mencionados no caderno de encargos e é interessante para entender o conceito de cada um.

## Normas

Como **Norma** é compreendido um nível de excelência ou qualidade, um exemplo aceito ou aprovado de algo contra o que os outros são julgados ou medido, um princípio de decência, honestidade e integridade.

Os padrões contemporâneos (não mencionando o código de Hamurabi, datado de cerca de 1772 A.C.) iniciaram nos primeiros anos do século XX, ou no final do século XIX, como pode ser exemplificado:

Standard	Country	Started by
ASTM	USA	1898
Bureau of Standard	USA	1901
BS	England	1901
DIN	Germany	1917
ANSI	USA	1919

Standard	Country	Started by
NP	Portugal	1929
ABNT	Brazil	1940
RILEM	France	1947
ISO	International	1947
EN	Europe	2001

Do acima pode ser compreendido as razões da semelhança entre todas as normas é a **ASTM**.

**Recomendação**

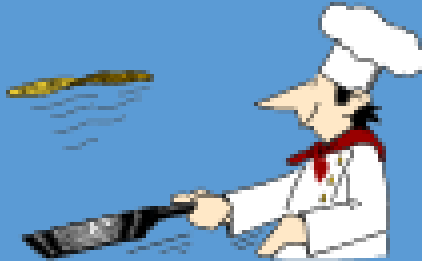
Uma Recomendação é algo que é aconselhável; algo que se recomenda como digno ou desejável. Uma recomendação é algo recomendado ou sugerido

**Prática**

A prática é a forma, forma e ordem da realização de alguma ação. A maneira de aplicar a ciência teórica ou do conhecimento, por meio de experimento.

Um desempenho real, aplicação do conhecimento, opõe-se à teoria.

Para realizar certos atos frequentemente ou habitualmente, para instrução, lucro ou de diversão. Exercício sistemático de instrução, disciplina ou destreza



## Especificação



Uma especificação (frequentemente abreviada como ET) é um conjunto explícito de requisitos a satisfazer por um material, produto ou serviço. Especificações são um tipo de norma técnica. Uma especificação técnica pode ser desenvolvida por qualquer um dos vários tipos de organizações, públicas e privadas, uma corporação, um consórcio, uma associação comercial (um grupo de toda a indústria e corporações), um governo nacional (incluindo suas agências reguladoras, militares e laboratórios nacionais e institutos), uma associação profissional (sociedade) ou uma organização de padrões feitos de propósito como ISO. É comum para que uma organização refira-se às normas de outro.

Uma especificação pode tornar-se obrigatória se adoptada por um contrato de governo ou de negócios. Às vezes, a especificação do termo é usada em conexão com uma folha de dados que descreve as características técnicas de um item ou produto.

Especificação é uma parte do caderno de encargos, contidas no Manual do projeto, consistindo de escrita dos requisitos para materiais, equipamentos, sistemas de construção, normas e mão de obra e geralmente, incluindo as condições do contrato.

## Qualidade



A especificação contém declarações sobre garantia de qualidade e/ou controle de qualidade, que pode ser entendida como:

- ➔ Garantia de qualidade: Toda rotina e sistemática de ações necessárias para dar a confiança de que os itens são projetados e construídos em conformidade com as normas aplicáveis e conforme especificado pelo contrato;
- ➔ Controle de qualidade: A avaliação dos serviços e trabalhos realizados, juntamente com a documentação necessária para demonstrar que os serviços e o trabalho estão de acordo com os requisitos contratuais e gerenciais

**Contrato**

É um acordo voluntário, deliberado e juridicamente vinculado entre duas ou mais partes competentes. Os contratos são geralmente escritos mas podem ser falados ou implícitos. Contratos são normalmente executórios ou não em forma escrita, embora um contrato escrito protege todas as partes dele.

Alguns contratos devem ser por escrito para serem legalmente válidos e executórios. Uma relação contratual é evidenciada por uma oferta, a aceitação da oferta e uma consideração (legal e útil) válida.

Cada parte num contrato adquire direitos e deveres em relação aos direitos e deveres das outras partes. No entanto, enquanto todas as partes podem esperar um benefício justo decorrente do contrato (caso contrário os tribunais podem considerar como injusta), não obrigando que cada parte irá beneficiar-se de igual forma.

A existência de relação contratual não significa, necessariamente, que o contrato é exequível, ou que não é nulo ou anulável.

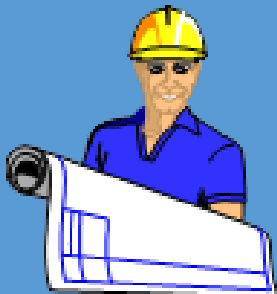
Contrato é um acordo entre duas ou mais partes para o fazer ou não fazer algo especificado. É um acordo executório pela lei.

Da definição acima sobre contrato pode-se dizer que cada contrato é o resultado da combinação de dois elementos importantes, que é o acordo e as obrigações. Um contrato cria direitos e obrigações entre as partes em causa.

A recusa por qualquer uma das partes a um contrato para honrar a obrigação contraída dá o direito de ação de outra



## Desenhos do Projeto



O desenho técnico, também conhecido como plano ou Croquis, é um documento que disciplina a composição dos planos que comunicam visualmente como algo funciona ou tem que ser construído.

É a linguagem visual da indústria e da engenharia.

As pessoas que se comunicam com desenhos técnicos, podem usar as normas técnicas que definem os símbolos práticos, perspectivas, as unidades de medição, sistemas de notação, estilos visuais ou convenções de (layout) arranjos.

Os desenhos estabelecem a comunicação entre documentos de maneira mais concisa usando uma convenção comumente entendida.

Juntas, essas convenções constituem uma linguagem visual e ajudam a garantir que o desenho é inequívoco e relativamente fácil de entender.

Essa necessidade de comunicação inequívoca na preparação de um documento funcional distingue desenho técnico do desenho expressivo das artes visuais.



## Medição e Pagamento

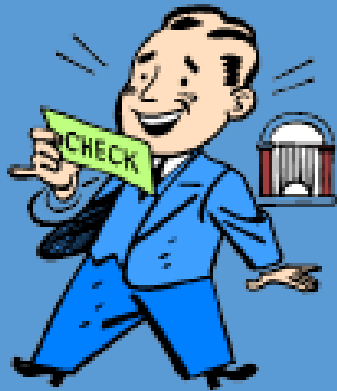
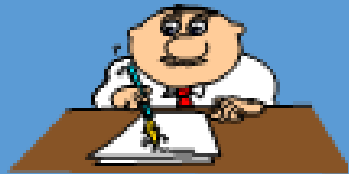


Os princípios de medição fornecem uma base uniforme para medir as contas das quantidades das obras de construção. Informações mais detalhadas podem definir a natureza exata do trabalho ou as circunstâncias sob as quais está a realizar-se.

Estes princípios de medição podem ser aplicados igualmente à medição dos trabalhos propostos e das obras completas.

Pagamentos ao empreiteiro, normalmente, serão feitos no contrato, de acordo com declarações de medição definido nas especificações e acordado no contrato (preços unitários ou preço global ou outra forma) e dado na proposta, para as quantidades de itens de contrato realizados em conformidade com os planos e especificações

## Lista de Quantidades (ou Quantitativos)



A Lista de Quantidades (“BoQ”) é uma lista detalhada de materiais, peças e mão de obra (com suas despesas) necessários para construir, manter ou reparar uma estrutura específica.

Os objetos de contas de quantidades são: para ajudar na preparação das propostas, de modo preciso, fornecendo para medição de quantidades em situação uniforme para fornecer uma base para o controle financeiro de um projeto, em conformidade com as condições do contrato. “BoQ” deve descrever e representar as obras a realizar.

Um trabalho que não pode ser medido com precisão deve ser descrito como aproximado ou determinado em notas de quantidades aproximadas. Condições de contrato, desenhos e especificações devem dispor as condições para as quantidades.

## Orçamento



Com um orçamento, um Profissional é capaz de observar atentamente quanto dinheiro estará disponível, durante um determinado período, de modo a permitir utilizar da melhor maneira entre diversos materiais e serviços.

Ao fazer um orçamento, o indivíduo tipicamente designa a quantidade adequada de dinheiro para despesas fixas como aluguel, pagamentos de equipamento ou contas de serviços públicos e em seguida, faz uma estimativa clara de quanto dinheiro vão utilizar em outras categorias, tais como cimento, armação, materiais pozolânicos, aditivos, manutenção, refeitório, alojamento, transporte e trabalhadores.

**Custo  
(ou  
Custo  
Direto)  
e Preço  
(ou  
Custo  
Total)**

Neste item é muito importante descrever a diferença cultural na interpretação dos conceitos:

- a) Em alguns países o custo é considerado como o valor final de um item, que é a soma do custo direto + custo indireto (conceituado à frente) e
- b) Em outros países o custo é considerado apenas como custo direto, e a soma deste custo + custo indireto é igual ao preço.

**Neste texto, é adotado o conceito a)!**

A estimativa de custo é uma ferramenta essencial que serve como uma base para cumprir os objetivos de gestão, submissões orçamentais e análise econômica.

A estrutura de estimativa é fortemente relacionada com os níveis de funcionalidade e contabilidade, contratos e aquisição; os custos de construção e preços unitários; cronogramas de projeto e aspectos financeiros e inflação; risco e contingência.

Os custos são gastos incorridos por um empreiteiro, da mão de obra, material, equipamento, financiamento, serviços, utilitários, etc., além de despesas gerais e lucro do empreiteiro.

**Custo (ou  
Custo  
Direto) e  
Preço (ou  
Custo  
Total)**

Os Custos diretos são os custos que podem ser atribuídos a uma única tarefa do trabalho de construção. Esses custos são normalmente associados com uma equipe de trabalho para executar uma tarefa, utilizando equipamentos específicos e materiais ou subcontratados para a respectiva tarefa.

Os custos subcontratados são considerados como custos diretos para o contratante principal. Os custos subcontratados incluem os custos diretos, que realizaria o subcontratante, além de custos indiretos que o subcontratante incorre.

Custos indiretos são aqueles custos, que não podem ser atribuídos a uma tarefa única do trabalho de construção. Estes custos incluem despesas do contratante principal como taxas, lucro, garantias e certos impostos. Custos indiretos abrangem também os custos gerais.

## Planejamento



Tal como foi citado anteriormente, os Livro(s) do Vitruvius além de serem, por si só, um Manual de organização e planejamento, descrevem as intrínsecas ferramentas úteis para os engenheiros. Estatísticas e organização são ferramentas ou procedimentos, para serem usados para o planejamento.

O engenheiro deve saber lidar com essas ferramentas!

Planejamento é o processo de pensar e organizar as atividades necessárias para alcançar um objetivo desejado. Planejamento envolve a criação e manutenção de um plano. Como tal, o planejamento é uma propriedade fundamental do comportamento inteligente.

## Planejamento



Este pensamento do processo é essencial para a criação e o refinamento de um plano, ou integração do mesmo com outros planos; ou seja, combina a previsão da evolução com a preparação de cenários de como reagir a eles. Importante, embora muitas vezes ignorado, os aspectos de planejamento, constituem o relacionamento que mantém com a previsão. Previsão pode ser descrita como prever o que o futuro vai ocorrer, considerando que o planejamento prevê que o futuro deve ocorrer. A contrapartida de planejamento é uma ocorrência espontânea.

O planejamento de construção é uma atividade fundamental e desafiadora na gestão e execução de projetos de construção. Envolve a escolha da tecnologia, a definição das tarefas de trabalho, a estimativa dos recursos necessários e durações de tarefas individuais e a identificação de quaisquer interferências entre as tarefas de trabalho diferentes.

## Planejamento



Um plano de construção é uma boa base para o desenvolvimento, o orçamento e a cronologia para o trabalho. Desenvolvimento do plano de construção é uma tarefa crítica na gestão da construção, mesmo se o plano não seja escrito.

Além desses aspectos técnicos de planejamento de construção, também pode ser necessário tomar decisões organizacionais sobre as relações entre os participantes do projeto e até mesmo quais as organizações para incluir em um projeto. Por exemplo, a extensão à qual sub-empregados serão usados em um projeto é determinada durante o planejamento de construção.



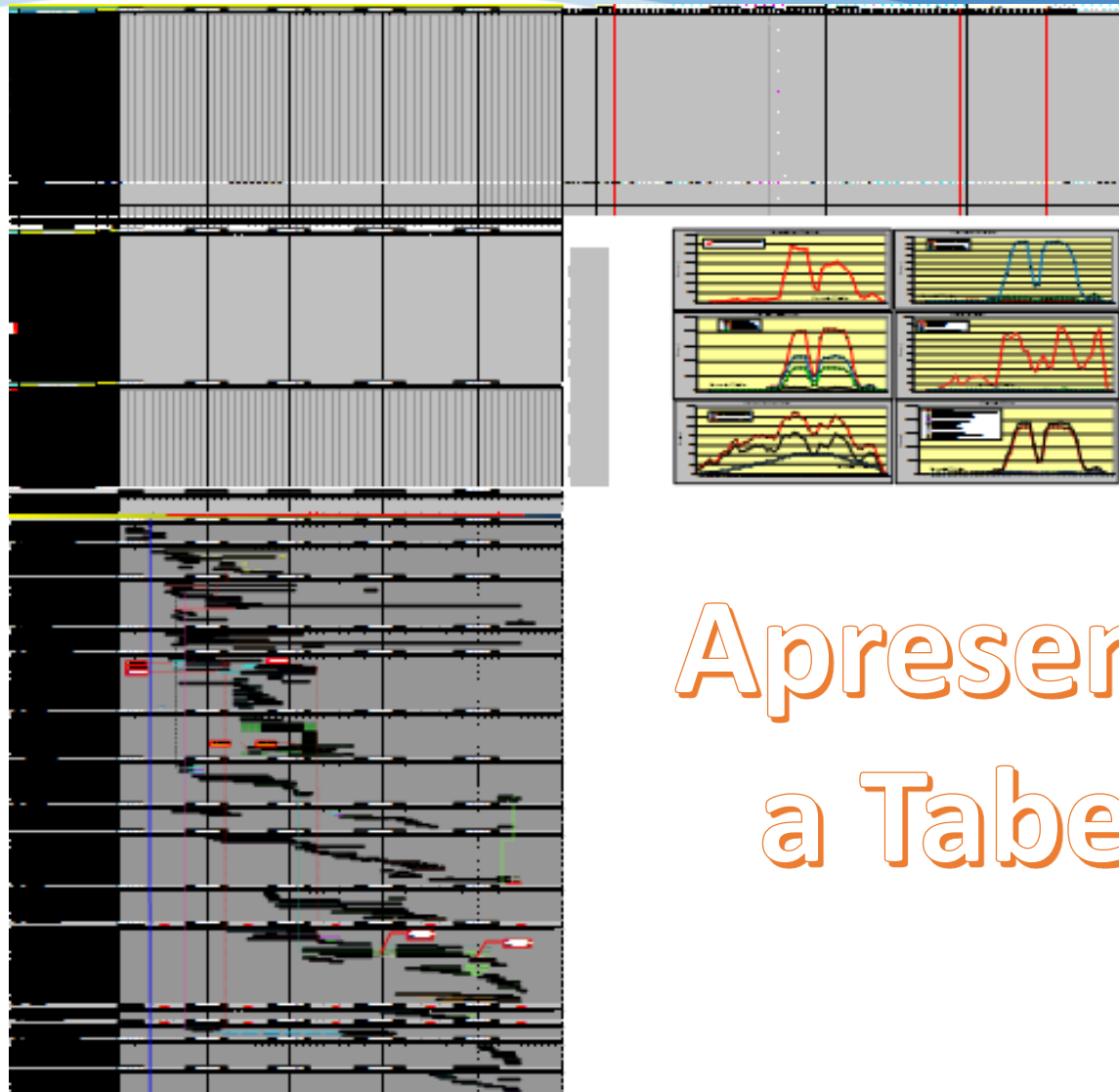
## Planejamento



Devido a essas facilidades, alguns engenheiros desde a década de 80 anos, desenvolveram seu próprio Software para planejamento e outras atividades de engenharia.

Alguns construtores desenvolveram seus planos com a ajuda dos grupos de Software tradicional, indo a profundos detalhes.

Desde 1992, este autor, de forma modesta, desenvolveu uma pequena tabela do Excel, que dá um cenário simples e geral das obras, recursos, materiais, equipamentos, mão de obra, para as principais atividades de um trabalho, como pode ser exemplificado da seguinte maneira



# Apresentar a Tabela

# **ESTATÍSTICAS DE FALHAS EM BARRAGENS**

<b>Geral</b>	O percentual de falhas para o número de barragens construídas tem diminuído drasticamente ao longo da várias décadas
<b>Causas principais de falhas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• concepção inadequada,</li><li>• Inconsistências de fundação,</li><li>• materiais inadequados,</li><li>• métodos inadequados de construção,</li><li>• ações excepcionais (inundações, terremotos),</li><li>• manutenção inadequada,</li><li>• funcionalidade das estruturas (projeto, Fundação, materiais, construção, ações excepcionais, manutenção, operação).</li></ul> <p>Também pode-se considerar o sofisma de que por uma espécie de "seleção natural" as barragens mais débeis ou inseguras já desapareceram, como falharam ou foram reparados. Então a probabilidade de ruptura das restantes barragens está a diminuir progressivamente. No final, apenas barragens seguras sobreviverão, então o premio (<b>do seguro</b>) tende a zero</p>

**ASPECTOS DE DEBILIDADES (Estudo USA entre 1900 e 1970)**

<b>Barragens de Solo</b>	<p>30%- Infiltrações pelo Maciço da Barragem 14%- Infiltrações pela Fundação 23%- Enchentes 18%- Erosão 6%- Instabilidade 9%- Outras causas</p>
--------------------------	---

<b>Barragens de Enrocamento com Face</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vulnerabilidade da Junta Perimetral;</li><li>• Fissuração da laje de concreto;</li><li>• Deformação do Maciço;</li><li>• Envelhecimento do Concreto da face</li></ul>
--	---

<b>Barragens de Enrocamento com Núcleo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vulnerabilidade contra enchentes:</li><li>• Instabilidade</li><li>• Falha Hidráulica (Over topping; Erosão; Piping)</li><li>• Vulnerabilidade quanto a Sismos</li></ul>
<b>Barragens de Concreto</b>	<p>A maior debilidade das barragens de concreto usualmente decorre de falhas relacionadas à:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fundação inadequada;</li><li>• Drenagem Inadequada, causando sobrecarga</li><li>• Instabilidades decorrentes de elevadas vazões, pressão de gelo</li><li>• Envelhecimento do concreto causando lixiviações.</li><li>• Falhas durante a construção causando lixiviações</li></ul>

<https://pt.slideshare.net/gauravhtandon1/earthen-dams>

<https://www.youtube.com/watch?v=icZfpfrXGbo>

### Cause of failure of Earthen Dams



### Cause of failure of Earthen Dams



### Failure by Earthquakes

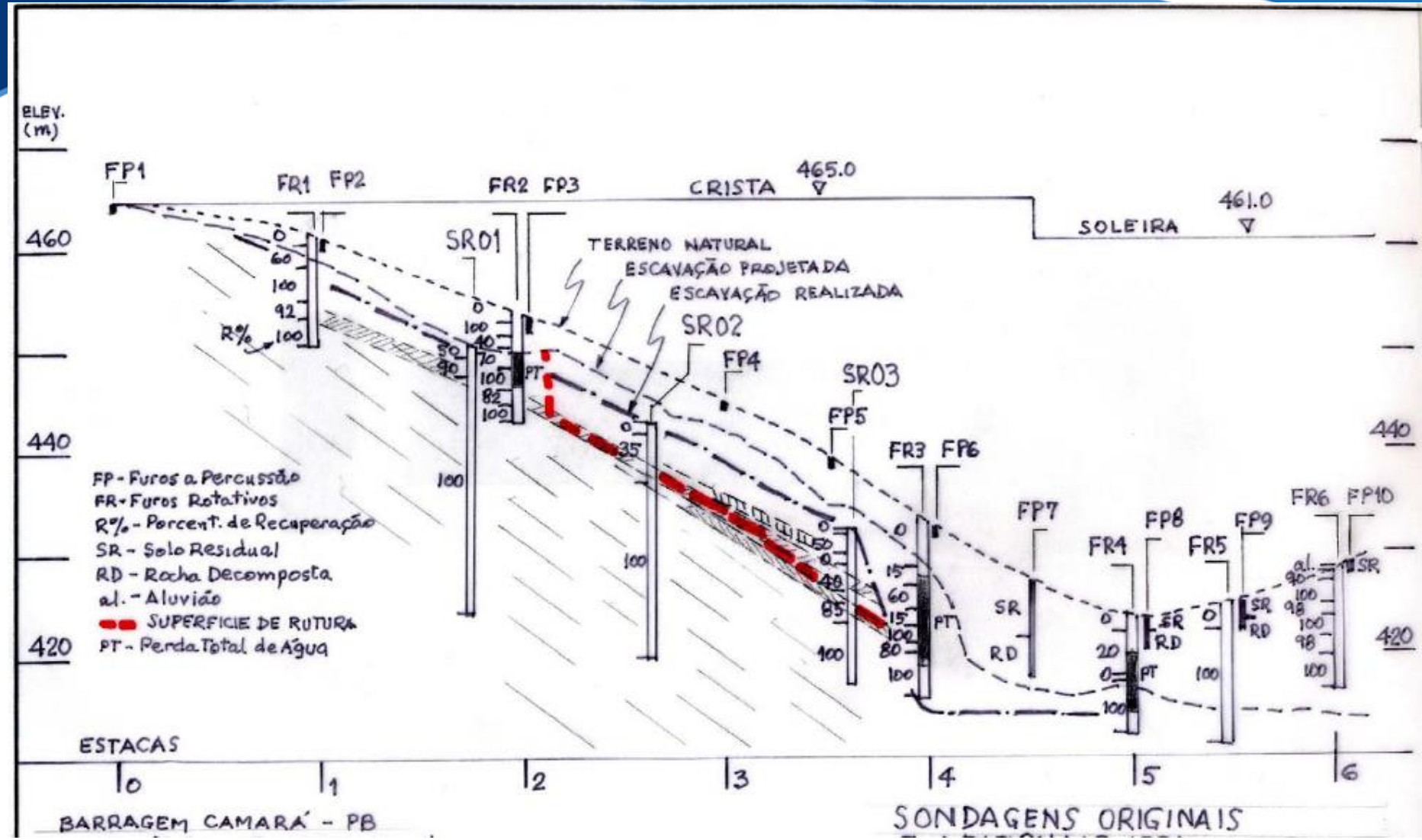


### Failure by Earthquakes









## **Foram inúmeras as indicações de anomalias desde o início do enchimento do reservatório:**

- Out 2002:** trinca na galeria, possivelmente ligada a falha da Ombreira Esquerda;
- Fev 2004:** carreamento de material pelos drenos da galeria;
- Mar 2004:** galeria inundada com 5m de água por entupimento tubo de drenagem; recomendação do Projetista de rebaixamento do reservatório e monitoração;
- Mai2004:** galeria inundada ate 6,5m; drenos com artesianismo
- 7 Jun 2004:** Reunião em que se constatou agravamento da situação, analisou possibilidade de rebaixamento;
- 17 Jun 2004: RUPTURA**

## **RESUMO DAS CONCLUSOES:**

1 Não houve qualquer tipo de seguimento e observação sistemática do comportamento da barragem durante o enchimento da represa, exceto por algumas visitas de inspeção esporádicas, a despeito das solicitações da Projetista para que fosse realizado monitoramento das vazões dos drenos de alívio, verificação por corantes da comunicação com o reservatório de infiltrações por trincas na galeria da barragem, verificação do carreamento de solo pelos drenos e ocorrência de artesianismo por vários dos drenos de alívio, entre outras observações.

A monitoração e observação sistemática da barragem é de responsabilidade da Proprietária.

2 Não houve atitudes e decisões da Proprietária para investigações das causas das anomalias observadas, nem quanto a recomendação de rebaixamento do NA do reservatório. Caso em Maio 2004 tivesse sido tomada decisão de rebaixamento do reservatório, o rebaixamento teria sido suficiente para evitar a ruptura.

## **RESUMO DAS CONCLUSOES:**

3 Fatores geológicos incomuns contribuíram para criar condições desfavoráveis:

- Lajes de rocha extensas e sem fraturas (aumento subpressão)
- Preenchimento de areia fina (facilmente erodível) e micáceo

4 A laje de rocha é estável precariamente em condição seca, mas instável com subpressão devido a percolação de água.

5 A ruptura ocorreu primeiro na laje a jusante (1º estrondo) e depois causou a ruptura da rocha sob a barragem (2º estrondo).

6 Houve julgamento inadequado na interpretação geológica da falha, admitindo que o “bolsão” de solo de preenchimento se estendia somente 3m, quando na verdade era contínuo.

Foram realizados tratamentos da falha, na época julgados suficientes, mas não o foram.

Havia indicações nas sondagens que permitiriam suspeitar da continuidade da falha, sob olhar mais experiente.

## RESUMO DAS CONCLUSÕES

A barragem de Camará rompeu, na ombreira esquerda, devido a:

- Não ter sido observada e monitorada após a construção, conforme recomendado pelos diversos organismos internacionais e pelo Manual de Segurança e Inspeção de Barragem do Ministério de Integração Nacional.
- A barragem emitiu, após a construção, vários sinais das deficiências de sua fundação que, devido inexistência dessa monitoração e observação sistemática, não puderam ser interpretados corretamente e, assim, tomadas as medidas necessárias para sanear ou minimizar o problema.
- Ter sido apoiada em maciço rochoso que, após a ruptura, se mostrou de qualidade questionável, evidenciando uma interpretação geológica deficiente das condições de sua fundação.
- O modelo geológico geomecânico bastante complexo, conforme interpretado à luz do conhecimento atual, é diferente bastante, daquele assumido na época do projeto e construção.
- Em consequência, os tratamentos recomendados e aplicados na fundação (injeção, drenagem e outros) não foram adequados para as reais condições geológicas do maciço, nas zonas onde compareciam os solos residuais nas camadas / lentes de materiais alterados.

