

82.1

1273/80

PROF. VICTOR F. B. DE MELLO

Ilustres Colegas e Amigos, Digníssimo Presidente desta Sessão, Dr. Souza Dias. Ilustres componentes da mesa, prezados colegas ...

(TRANSCRITO DA GRAVAÇÃO,
SEM CORREÇÃO)

Começo apenas com umas palavras de regozijo e de humildade, mencionando o quanto me é honroso ser mero agente, espero eu, catalizador de discussões promissoras que um tema tão vasto traz e, particularmente, fazê-lo sob a Presidência de um grande pioneiro de obras hidroelétricas e de barragens no Brasil, através de São Paulo, Estado pioneiro do Brasil em inúmeras iniciativas que é o Dr. Fransico Lima de Souza Dias Filho com quem, realmente, tivemos já longa caminhada lado a lado ou, muito melhor, sob sua orientação, as grandes oportunidades de ir desenvolvendo com grande estímulo e apôio que sempre tivemos dele.

Então, conforme mencionei, a intenção desta Sessão seria pelo fato do tema ser realmente muito amplo; a intenção seria de catalizar o máximo possível algumas perguntas específicas e debates. Nisto, fomos apoiados pela Comissão Organizadora e, portanto, passarei a fazer o que eu chamaria de um relato simples, conceitual para, depois, passarmos o quanto antes possível, à discussões individualizadas dos trabalhos, discussões estas dentre as quais, gostaríamos de ir contando, passo a passo, com a participação dos membros da audiência.

O tema de hoje de manhã já começou por abordar algumas das questões que nos cabe, agora, discutir e eu tomaria a liberdade de meramente mencionar que, parece-me, que um tema de barragens convencionais comparadas com as não convencionais, talvez, merecesse um certo reparo. Houve exatamente o mesmo tema apresentado no Congresso, Questão 44, no México, em 1976, com observações feitas sobre "Special Types of Fill Dams" - para aqueles dos senhores que quiserem realmente, ampliar o seu contacto com uma

XIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, CIGB-ICOLD, Rio de Janeiro, 1980, Volume III, pp.101-123.

grande variedade de tipos de seções de barragens e tipos de problemas, etc. - eu sugiro a leitura de todos os trabalhos daquele Congresso.

Agora, talvez seja interessante mencionar que o tema foi abordado no sentido de ser uma somatória de problemas associados e, neste sentido, eu diria que o tratamento de casos concretos foi descritivo - foi mais no sentido do que eu chamaria de criatividade artística episódica e, neste sentido, deixa um certo campo de frustração para o jovem engenheiro - porque, daria a impressão de que nós não teríamos, realmente, uma condição teórica para formular tudo dentro de um contexto, uma espinha dorsal, digamos assim, de teorização e, neste sentido, eu menciono que o que nos interessa e nos importa muito é contarmos com a teorização como um elo para apreciação comparativa.

Eu tenho a impressão de que todos os casos que são vistos individualmente merecem o nosso maior respeito, como engenhosidade porém, devem imediatamente ser enquadrados dentro daquilo que nós chamaríamos como uma teorização geral, porque senão nós nos confundimos. Há muito pout-porrui - uma paeja valenciana, ficar aí analisando centenas e milhares de casos separadamente. Eu diria que não há barragens convencionais - há, possivelmente, uma otimização particularizada em cada caso e isto foi mencionado hoje de manhã; mas, encará-los sob um aspecto um pouco mais humilde, eu diria mesmo que não é tanto uma otimização mas uma minimização de males.

Nós todos reconhecemos que a atitude de um engenheiro civil em pretender barrar um rio, na seção geo-morfológicamente mais fraca que é o rio e nos pontos geologicamente descontínuos, etc, é uma pretensão e, por ser ela uma pretensão, às vezes paga ônus relativamente elevados. Então, neste sentido, como hoje de manhã já falamos muito sobre os aspectos de rentabilidade do empreendimento, não há rentabilidade, não existe responsabilidade ou não há, de tempos em tempos, o pagamento do ônus respectivo.

O que há, realmente, no meu entender, é uma teorização convencional, não há barragens convencionais mas a teorização convencional. Tomo aqui emprestada uma belíssima idéia do nosso colega Emilio Rozemblut, atualmente ministro no México, grande especialista em sismos, sismologia, etc. e probabilidade estatística aplicada à engenharia civil, ele menciona a grande diferença que existe entre países que têm a ousadia de classificar engenharia com "i" de engenhosidade "ingenius engineering". Outros países um tanto mais sujeitos à rotina, digamos assim, que caem na "ingineering". A Engenharia ^é uma grande obra de "engineering" mas, transformá-la em rotina até um certo ponto é um mal. Foi hoje muito bem lembrado pelo Epaminondas. Ora, no processo histórico eu diria que nós temos uma franca separação nos últimos 10 a 15 anos, no processo de determinismo para o estatístico probabilístico.

Por outro lado, no desenvolver de qualquer tecnologia, o processo normal é começar pela experimentação nata - é a curiosidade da infância; em qualquer campo que nós enfrentamos basicamente, começa-se por uma grande latitude de experimentação. Daí, começa a haver a convergência para os tipos de experimentações que dão certo; depois de termos queimado os dedos duas ou três vezes com o fósforo, etc. pouco a pouco vamos abandonando esta prática e passamos a cuidar de atividades menos danosas e, assim por diante.

Depois desta convergência, passa a haver a teorização e, finalmente, é este o ponto que eu acho que estaríamos hoje. Deveria haver de novo a tendência à ampliação da aplicabilidade. O Dr. Epaminondas mencionou hoje, muito corretamente, a idéia de nós nos precavermos contra a idéia nova ser, automaticamente, idéia boa, etc.

Basicamente, não encontro muito o que dizer depois de tudo o quanto foi dito hoje de manhã, mas, é minha tarefa. Continuemos então. Pouco convencional seria, portanto, o que seria pouco convencional? Pular, imprudentemente para a

frente. Quando foi construída a barragem de Paradela, em Portugal, em 1955 a 58, por aí, antes de construí-la os portugueses fizeram uma investigação para ver a altura máxima de barragem de enrocamento lançado - sem compactação, que teria sido enfrentada até a época, da ordem de 93m. Pretendiam fazer uma barragem de 120m. Foram um tanto prudentes e se limitaram a 108m porque acharam que o pulo de 93 para 120 seria um pouco demasiado. Então, foram um pouco mais prudentes. Ora, apesar disto, a barragem de Paradela, como os senhores sabem, uma barragem de enrocamento solto com face de concreto, teve já problemas diversos fendilhamentos, rachaduras, etc. Teve de ser esgotada várias vezes e continua a dar, de tempos em tempos, estrondos de movimentos da pedra, etc, que o pessoal das vizinhanças diz que a barragem é mal-assombrada.

Bom, prosseguindo, então, por outro lado, o que seria não convencional também seria se nós nos esclerosássemos na infância e, de fato, é um dos riscos que se corre, que o Dr. Epaminondas mencionou, de pretender logo: "tal tipo de barragem deu certo, deu certo, portanto, vamos continuar a usá-lo". Os últimos dois ou três anos tiveram exemplos um tanto tristes de mostrar como grandes entidades, o "Bureau of Reclamation" - em ter repetido "n" vezes exatamente o mesmo projeto; acabou tendo um prenúncio de ruptura na barragem de Fontenele, não sei se até antes de Teton Dam e escreveu um trabalho que eles publicaram com muita candura - escreveram que reconheciam seus erros e iriam corrigi-los. Aparentemente não houve tempo porque, enquanto isto, os erros de Teton Dam estavam se acumulando e pagou a penalidade respectiva. Bom, nós voltaremos a mencionar alguns destes assuntos.

Em matéria de teorização, eu procurei expor na minha "Rankine Lectures" o que me parece ser um tipo de orientação extremamente importante à engenharia civil que é distinguível entre estatísticas dos extremos e estatísticas de médias.

Nós queremos calcular, queremos sempre poder calcular - não podemos calcular, lamentavelmente, nada que não tenha sido suficiente número de situações repetitivas - podemos tirar médias e teorias. Teoria é uma média - teorização é uma modificação, se podemos dizer assim. Então, sinto muito, mas aqueles de nós que temos que trabalhar com problemas de extremos, nós todos temos que trabalhar com eles - a única forma é fugir deles. Eu expus isto na minha "Rankine Lectures". Não vou repetir o exemplo dos 3 Irmãos Horatius e dos 3 Irmãos Curiatius degladiando-se em luta para vencer Roma contra Albalonga, etc. e o fato de que, no meu entender, o terceiro irmão Horatius tendo resolvido fugir dos três Curiatius que estavam feridos porém ainda aptos, os distanciou um por um e, portanto, virando-se pode matar um por um. Isto é uma tecnologia altamente especializada. Alguém falou em Maquiavel, o Príncipe Maquiavel, isto é um maquiavelismo da engenharia civil: fugir do problema; e uma forma de fugir deste problema, seria mudar de modelo físico, mudar de universo estatístico, isto foi mencionado hoje. Se eu tenho receio de fissuramento, nada melhor do que pôr um material pré-fissurizado.

Quando hoje de manhã estavam criticando aqui a barragem de enrocamento compactado, etc. e o que ela pode e não pode sofrer - uma coisa que ela não pode sofrer é fissuras - já vem fissurada.

Então, sob o ponto de vista de escolha para "open dam" - uma das funções principais foi que a barragem tivesse a capacidade de resistir a um rejeito, porque ela passa por uma falha; que ela tivesse a capacidade de fugir a um rejeito da ordem de 20 ou mais cms. Ora, recentíssimamente uma barragem em arco de 150m de altura, SEGEU na Suíça, o recalque diferencial, depois de 25 anos de belíssimo comportamento, com um recalque diferencial de cerca de 10 cms ocorrido entre uma ombreira e outra, rachou a ponto de ter que ser esvaziada.

Felicidade dos suiços que as represas deles são uma pequena hanheirinha, um pouco maiores do que um campo de futebol e, portanto, eles podem rapidamente esgotar uma barragem de 150 m de altura. Assunto que, infelizmente, não nos assiste.

Bom, prossigamos, estatística de médias pressupõe homogeneidade - eu ponho entre aspas um montão de coisas - todo pessoal diz que eu tenho o hábito de usar as aspas. Para mim é nominal, homogeneidade é nominal, anisotropia é nominal. Quando eu digo homogeneidade entre aspas, quer dizer: é um certo conceito de podermos calcular, de esperar que a coisa se repita. Então, nós sabemos perfeitamente que hoje o conceito de homogeneidade é desnecessário no termo dispersões, de estatísticas, etc. Temos variações sistemáticas analisáveis por computadores. Podemos, portanto, ir fugindo, porém, não percamos de vista que a teoria é já tão repetitiva que ela pressupõe a repetição. Já aí começa a falta de humildade. Eu acho que nós todos queremos fazer um montão de coisas mas, oxalá que pela graça divina, não nos caiba que aconteça algo de catastrófico a escala divina, que, se tiver que romper algo, perdõe-me a triste sugestão, que rompa a barragem de alguém mais.

Construir um modelo, não significa funcionar homogêneo; é onde há estes lapsos mentais muito frequentes: eu construo compacto exatamente igual e daí, portanto em toda a barragem eu vou ter um comportamento exatamente igual. Mas que grande erro! O solo tem um comportamento muito dependente dos históricos - tensões, deformações, inchamentos, amolecimentos, etc. Todos nós sabemos que construir exatamente igual não significa que se comporte exatamente igual.

Portanto, prosseguindo, pouco convencional seria como, seria que nós tenhamos recebido a disponibilidade de teorização: projeto, análise, síntese e decisão. Projeto-análise-síntese e decisão: eu coloco nesta sequência porque esta é a sequência normal de trabalhos de engenharia.

Nós começamos por projetar, nós começamos por imaginar o modelo físico que atenda às nossas necessidades. - Por que? Porque alguém mais já o fez e alguém faz o que aquele fez - fez o que seu pai teria feito; às vezes alguém quer fazer exatamente aquilo que o pai não fez. Acontece também. Bem, nós começamos por visualizar o modelo, o modelo físico, daí analisarmos, aí aparece esta necessidade de teorização, homogeneização, etc, daí então fazemos a síntese, interativa, naturalmente e, finalmente, a decisão. Aceito ou não aceito. Hoje de manhã procurei catalizar um pouco a discussão sobre "níveis de aceitação". Eu acho que se há uma lacuna catastrófica na engenharia civil é "níveis de aceitação" e, neste sentido, parece-me que o Dr. Paulo Unami mencionou um tema que eu tenho repetidamente pronunciado: é o medo que eu tenho de que países sub-desenvolvidos, em desenvolvimento, sejam continuamente tolhidos em seu progresso em função de que lhes ditem os níveis de aceitação de seus bisavós. O bisavô quando tem uma criancinha ao seu lado, com 1 ano ou 2 diz: "Não ande por aí que você vai cair," - "Não faça aquilo porque pode cair". A criança foi feita para cair, é maleável, o avô esclerosado se cair, quebra a base, mas, acontece que eu sou avô e me orgulho muito de ser avô ...

Mas, por exemplo, dizer que a primeira fissura de um prédio requer que se respeitem recalques de menos que tanto e tanto. Eu gostaria de saber, aliás, debati isto com o Prof. Mazzof num Congresso de Lima, no Peru, perguntando se ele teria conhecimento ou não se buchingham e Versailles e outros palácios da Europa teriam tido não somente a primeira fissuramas "n" fissuras agradabilíssimas e ele não soube responder evidentemente, porque eles naquela época não tinham este nível de preocupação.

Ora, níveis de aceitação, podemos ou não aceitar 10cm de recalque para uma barragem de gravidade. Claro que podemos. O Dr. Epaminondas aduziu, inclusive, o alto parecer do Dr. Roy Carlson para eu poder me apoiar nisto.

Eu gostaria de depois, nos debates, que vocês perguntassem ou quizessem saber quais são os níveis de aceitação, quais são os meus, eu lhes ponho à vossa disposição, aliás, todos nós vamos pôr. Eles podem estar errados contanto que não rompam, oxalá.

Bom, prosseguimos. Baixa previsibilidade e confiança - pouco convencional, então, seria algo que tivesse baixa previsibilidade. Confiança na previsão da obra é função do conhecimento referente a corpos de prova e volumes ideais em ensaios. Estamos muito acostumados a pegar um corpo de prova, fazer os ensaios, etc. Ora, na medida em que estes corpos de prova não sejam representativos, então, nós teríamos baixa previsibilidade. O Dr. Nelson de Souza Pinto, ontem, mencionou, belissimamente, como nos ensaios de aeração, nós não temos capacidade de previsão, em função do modelo para protótipo, etc. Mas, eu queria aproveitar do que ele mencionou para ressaltar uma lição que há muito tempo eu venho enfatizando em discussões, inclusive com ou contra o meu grande amigo, Prof. Bellande do MIT, que acha que "prediction is engineering" eu digo verdade "prediction is engineering" - mas "engineering uses prediction". Muito mais frequentemente, basta-nos prever o que não vai acontecer porque é muito difícil prever o que vai acontecer. Eu não estou brincando, mas, o ponto fundamental é o seguinte: basta-nos saber, por exemplo, que não vai recalcar 10cm ou mais se recalca realmente 10 ou 3 ou 4 - eu mesmo proponho - pode ser catastrófico o erro de 100%. Alguém estimou que deveria dar 2cms e, no entanto, deu 5 e daí? Tanto 2 como 5 está no papo. E este é que o problema de engenharia 5mm ou 2mm de recalques. Que eu saiba, uma das humildades que nós devemos ter é perguntar a nós mesmos: "será que o resto do mundo é tão ignorante? Então, porque é que nunca mediram os recalques de barragens de gravidade? Porque não era problema ou porque eles eram ignorantes?". Era porque não havia problemas. Ora, 2,5 ou 10mm não era problema. Por que passou a ser problema para nós? Porque alguém de algum lugar disse que uma barragem não deveria recalcar mais do que 2mm e quem é que é este alguém que disse?

Bom, então, problema de previsão, problema de conhecimento da massa resultante em obra. A nossa capacidade de estimar mos a obra, em função de nossos ensaios, de nossos modelos mentais, a capacidade de sermos honestos. O John Bettez mencionou hoje os recalques da barragem de Agua Vermelha fo ram da ordem de 1/5 do que tinha sido estimado; felizmente foram estimados pequeníssimos e foram até muito menores do que os estimados. Portanto, está aí uma demonstração de que atendemos perfeitamente - mais que atendemos.

Ora, um dos princípios que eu queria esposar aqui, porque é muito importante para as barragens não convencionais. É o princípio que eu chamo de pré-teste e no qual eu conceituo que nosso coeficiente de construção deveria, de preferência, ser projetado e dimensionado para ser sempre muito menor do que o coeficiente de segurança de operação. Eu tenho medo que aconteça alguma coisa na sexta-feira da Semana Santa ou na terça-feira de Carnaval e quando eu estou a 200km de da do local e não tenho nada a ver com o assunto. Agora, quan do eu estou construindo, eu procuro de preferência fazer com que as condições sejam mais críticas do que serão no fu turo. Eu acho que isto é um princípio fundamental. Aliás, vou expor como um exemplo - aliás eu gostaria de citar que a publicação da Construção Pesada teve algumas liberdades da datilografa e outros de edição: se os senhores encontra rem alguma dificuldade em entender um ou outro textosinho me perguntem. A diferença do que eu procuro chamar de coe ficiente de garantia e coeficiente de segurança; é muito fá cil mencionar com relação, por exemplo, a um tirante ou a uma carga de trabalho de uma estaca nega. Por exemplo, nós carregamos uma estaca nega até que ela pare de penetrar com 60t. Então, nós sabemos que ela tem uma carga de ruptura de mais do que 60t mas ela não rompe com 60 - ela para com 60t. Aí, eu retiro a carga e ponho a carga de, digamos, 30t. Qual é o meu coeficiente de segurança? O meu coeficiente de segurança é 2 - não é um coeficiente de garantia de 2.

É uma grande diferença, em comparação com: eu estimo que a carga seja de ruptura 60 e aplico um coeficiente de segurança de 2 para ter uma carga de trabalho de 30. É uma grande diferença! A certeza de não romper - dividida pela carga de trabalho estimada.

Bom, este assunto leva a um princípio de projeto que eu acho fundamental. Se eu vou trabalhar com aterros hidráulicos ou seja o que for, eu gostaria que as pressões neutras que são o bandido - o bandido e o xerife da Mecânica de Solos ... são muito conhecidos, sempre a água e os grãos, não é? Agora, mais recentemente, aparece o Aiatolá que é o ar. De modo que existe aqui a lei nova do Corão, onde existe ar, a Aeração. Isto é uma ajuda ao meu amigo Nelson de Souza Pinto, ajuda imensa na Mecânica de Solos - e foi desprezada por muito tempo.

Então, prosseguindo, eu queria lembrar um outro aspecto. Uma boa medida corretiva não é necessariamente equivalente a uma boa medida de projeto. O Comitê Francês no Congresso que acabo de mencionar, tem uma frase que eu achei errada - me perdoem os franceses - mas, dizem que "é mais fácil construir do que remediar". Eu digo não, é mais fácil construir do que remediar? Se for um problema de estatísticas de médias, se for um problema de estatística de extremos, se for um ponto de vasamento - é muito mais fácil remediar do que construir. Imaginem vocês, por exemplo, sangrando - é muito mais fácil pôr um esparadrapo, depois de ter feito o corte do que esparadrappar o corpo todo. Eu não sei onde vai ocorrer um corte, não sei. Se fosse médico mataria o paciente ou o mumificaria. E um destes erros é clássico da teorização da mecânica de solos. Respeito imensamente o Prozzoni e todos mas, acho que, por exemplo: dreno - filtro dreno de pé - é um perigo! É uma solução de esparadrapo. Maravilhoso! Começa a sair água de qualquer lugar e ir colocar o dreno - dá uma ação específica para um caso extremo específico. Porém, como proteção para projeto de uma massa, eu estou a admitir que a massa

queira trabalhar homogeneamente ou que queira sair com a água naquele ponto - isto é uma hipótese que Deus não perdoará.

Bom, pouco convencional será, portanto, não ter humildade de admitir a ocorrência local extrema. Qualquer dos nossos trabalhos mostra isto. Olha, eu frequentemente tenho muito medo de mostrar o que eu fiz à luz do dia, porque a maioria dos meus caros jovens amigos diz: "O prof. Mello fez o projeto da barragem tal e tal, assim, portanto é certo. Epaminondas mencionou isto hoje de manhã - eu digo não, perdão! Portanto, está errado. Esta barragem possivelmente tenha sido salva pela graça divina - louvado seja que ainda está aí. Milhares de barragens existem no mundo afóra que têm erros conceituais seríssimos e, no entanto, estão aí. Cuidado! Por exemplo, fazer um filtro septo mais baixo do que a linha de percolação - eu fiz - e Deus perdõe a minha infância, a minha juventude mas, se eu tornasse a fazer isto hoje eu consideraria um crime.

Bom, prossigamos, insucesso hoje foi mencionado, existem in sucessos de ambos os lados do histograma de segurança. Por um lado, nós temos muito medo de ruptura - ruptura é custo exagerado sabido. Além do mais, é custo de prestígio; teremos que fugir para Hong Kong ou coisa assim, se houver algo, porém, por outro lado, também tem seus custos exagerados - hoje de manhã foi muito mencionado.

Prosseguimos então, para os temas específicos que tenho que acompanhar (observação de alguém da assistência). Obrigado, o senhor é muito atento, parabens (risos). Dos temas que foram relacionados para a Sessão eu separaria primeiramente: construção por parte e aqui há um ou outro que menciona a construção por parte mas, eu acho que toda a construção é por partes. No final de contas, se eu construo uma barragem sobre uma ombreira ou sobre uma ombreira sintética que é parte anterior da mesma barragem, ou não, etc. Construção por partes é parte de nossa vida. Então, esqueçamos isto, deixemos de lado.

Bom, um segundo aspecto então, seria discutir aquela imensa
dão de temas que está no texto - eu procurei classificar
bom, eu diria que são as obras provisórias, ensecadeiras, en-
secadeiras especiais, etc. Depois, barragens de rejeito,
etc. O que são? São provisórias porém, com um comportamen-
to de longo prazo. Barragens de rejeito, infelizmente, de-
pois de rejeitadas inclusive pelos seus proprietários, fi-
cam aí, porque elas são construídas de rejeitos. Tem cer-
tas vantagens de que é muito mais industrial, muito mais u-
niforme, por assim dizer, do que muitos outros métodos de
construção e também, têm outras vantagens de ser em geral
um mineral muito angular, pelo fato de ser minério, etc, van-
tagens de mecânica de solo muito boas. Porém, tem um aspec-
to de que tem que atender até um certo ponto de longo prazo
depois, do que o vale seja abandonado, etc, não pode causar
catástrofe. Finalmente, nós temos as barragens que eu cha-
maria de permanentes - estas com que nós lidamos normalmen-
te sejam convencionais ou não. Então, o princípio básico a
discutir nesta sequência seria o risco maior aceitável nas
ensecadeiras e relativamente tendência para riscos menor e
menor. Hoje de manhã foi mencionado se haveria ou não o ris-
co zero. Estatisticamente parece que não há muita gente
que discute este assunto em termos matemáticos e esquece
que a matemática é também um modelo mental, quer dizer, a
matemática é nosso instrumento e nós não somos instrumentos
da matemática. Oxalá, por enquanto eu ainda não caí nesta,
mas, o problema fundamental é o seguinte: será que existe
ou não o risco da probabilidade zero? Existe sim, desde que
mudem o universo. Qual é a probabilidade de uma mosca ter
uma tromba do tamanho da de um elefante? Nenhuma, é zeríssi-
mo, zeríssimo!!! Por que? Porque é uma mosca e o universo
das moscas é um e o universo dos elefantes é outro - e não
tem problema nenhum. Então, o que nós queríamos zerar? O
que nós queríamos zerar é a hipótese de que certas coisas
pertencem a um mesmo universo e que nos preocupe.

Ora, ruptura rápida é altamente inaceitável como a ruptura da barragem de Tetom Dam que, em quatro horas e, vejam como Deus é grande! Aconteceu entre 7 horas da manhã e 11 horas da manhã, morreram 11 pessoas. Foi calculado que se a mesma ruptura tivesse ocorrido entre meia-noite e 4 horas da manhã, poderiam ter morrido milhares de pessoas porque não teria havido tempo para mandá-los sair de suas casas, etc. Ora, uma ruptura rápida desta forma, quer dizer, qual quer comportamento tipo friável é altamente indesejável. Para nós que estamos aqui com uma tendência ainda de achar que "bigger is better", nós somos fruto desta mentalização, Boeing já abandonou, Concorde já abandonou isto, etc. mas nós estamos plenamente a pleno vapor achando que "bigger is better". Foi o mito da década de 50. Para nós, eu chamaria muita atenção a este aspecto. Compactação - Super compactação, mais e mais enrijecimento, até certo ponto, passa a ser um dos graves perigos de barragens de hoje. E um dos aspectos é, justamente, a ruptura friável. Hoje de manhã, foi discutida a hipótese de ruptura ou não da barragem de enrocamento com face de concreto e foi, definitivamente, mostrado que a face de concreto não é rígida. Ela é flexibilíssima. Para quem de vocês que quiserem discutir fissuramento pensem, por exemplo, numa extensão de cerca de - alguém da COPEL me dará o número... da ordem de 380m de extensão, então 380m, nós mudarmos a corda para um arco distante da ordem de 9cms - 9 em 100 em 380 quer dizer - 9 em 38.000. Meus caros amigos, todo mundo sabe que parede nenhuma não fatura nem nada. Podemos aduzir informações de vários campos. Bom, ela é flexibilíssima, não rompe... quando muito, pode dar um vazamento e quem tenha se proposto a beber água que vazer, que vá lá. Portanto, oxalá que tenha um pouquinho de vazamento.

Bom, então o problema é nós termos medo de rupturas friáveis. Rupturas súbitas que são, realmente, a grave preocupação. Ora eu vou, então, agora perguntar: barragens não convencionais - o que é convencional?

Uma barragem que foi usada - enrocamento lançado de ponta e que na Suécia é chamado de "sweedish rock compaction" u
midade da ordem de 10 - 12 - 14% acima da umidade ótima
de compactação, ninguém parece preocupado com a compacta-
ção ou ainda clay e barragens 1 x 1,3 com taludes de enro-
camento solto. Ora, todo mundo sabe que enrocamento sol-
to fica com talude entre 1 : 1,3; daí, aparecem os homens
da mecânica de solos e dizem: "este enrocamento deveria
romper. Os enrocamentos não sabem, não fizeram curso de
pós-graduação e dizem "este enrocamento deverá romper" e
não rompe. Foz do areia foi feito com talude 1 : 1,2 e
posso mostrar porque ele não rompe. É muito fácil, desde
que se apliquem as estatísticas. O modelo mental é que
está furado. Um enrocamento não tem ângulo de atrito úni-
co, então, os ângulos de atrito ficam dependendo do embri-
camento das pedras e, na hora em que está sendo lançado ,
qual é a pedra que determina o talude? A menos estável
de todas, qualquer menos estável teria rolado portanto ;
alguém em 1948 já escreveu isto: a menos estável é a que
determina o talude de subida. Quantos dos senhores já pa-
raram para verificar a topografia de um talude de enroca-
mento excavado? Da ordem de 1,3 : 1 que, exatamente, não
há coincidência - o complemento de 55º ao invés de 35.
Ora qual dos dois ângulos é o que vale? O ângulo, diga -
mos, de atrito da pedra mais instável ou da pedra mais es-
tável que determina na hora da excavação de um talude sub-
vertical? Pergunta esta que já fiz ao Bishop e ele con-
cordou comigo. Vejo muito citados os papas e os bispos ,
de modo que é preciso de tempos em tempos aduzir este ar-
gumento.

Bom eu perguntô, então, alguém já mediu o inconstrutivo
nestes núcleos? Não, é porque não havia necessidade. A-
liás, ao contrário, só há interesse que um nível constru-
tivo num núcleo destes seja o tanto quanto possível, igual
a um nível operacional que venha depois. Qual é o mal?
Se a água já está com uma certa pressão neutra no período
construtivo, na hora que vem a represa, se for necessário,
qual a diferença que ela sente? Acho que nenhuma, não per-

guntei. Bom, o ponto fundamental é que ninguém mediu e, entretanto, houve problema. Alguma barragem teve problema? Neste período antigo de nossos avós não convencionais que fizeram estas barragens de enrocamento solto como este aqui, não houve problema algum. Agora, começaram a haver problemas, como? Eu perguntei: "haveria problema se nós passássemos a uma altura de 100m ou de 150? Haveria problema se em vez de usarmos aquele material que foi usado pelos suecos que era relativamente indeformável e incompressivo, por ser dútil, material com granulação. Se nós passássemos a usar um núcleo de argila. Sim, pois é, aí nós temos a teorização na medida em que houve incompatibilidade de deformações. Não houve problema ninguém parou para analisar mas, no momento em que alguém pretendeu usar exatamente este modelo mental, prosseguir pela barragem de 150m ou prosseguir para usar dois materiais cuja compatibilidades de deformações não fossem satisfatórias, ele pagaria o ônus pelo desrespeito à teorização". Teorização é nós extraírmos a lição dos dados repetitivos e criarmos algo.

Então, prossigamos rapidamente, rupturas ocorreram como nestes tipos de barragens de Bordesdam, etc. Quando passaram a compactar o enrocamento, aí começou a dar rupturas na parte superior. Curioso ... todo mundo pressionou: "Olhe, seu enrocamento está solto; onde é que o senhor viu? Isto é sub-desenvolvido, é preciso compactar o enrocamento e para aí, para aqui.". Compactaram o enrocamento e na hora que passaram a compactar o enrocamento, o núcleo queria ceder e o enrocamento não deixava. Começaram a aparecer rupturas de silo na parte superior, fissuras de tração, ruptura, de pipping, etc.

Bom então, o que era convencional? Problemas a longo prazo estão aparecendo, também, no enrijecimento fisicotrópico comparado compressão secundária. Eu não queria deixar aqui a impressão para os jovens que, possivelmente, me achem muito presunçoso de que a teorização já existe, caput, está completa. As teorizações evoluem também. Por exemplo, hoje está começando a ser dada mais e mais atenção ao problema

da compressão secundária porque alguns destes comportamentos estão bem ajustados a curto prazo, prazo de compressão primária, elástica, etc, mas a longo prazo não. As barragens de Pavicorn, inglesas, estão começando a dar problemas a longo prazo, em função do núcleo de argila compactada, com bota de borracha do trabalhador pisando e amassando um pouco. Então, estas argilas, elas acabam inclusive sofrendo problemas de enrijecimento. Vejamos uma outra barragem que hoje em dia foi chamada de tabú - alguém criou uma espécie de nomenclatura de que o gradiente crítico seria 1 - 1.5 ou 1/3 ou coisa do gênero. Que tipo de gradiente?

Bem, estas famosas barragens do Consultor Golden da Altepe, até 1958, eram construídas também com o enrocamento solto lançado à espessura de 10-12 e 15m e sob o enrocamento montante, com as devidas transições naturalmente, colocavam compactado um aterial de grande compactação da ordem de 94% - módicamente compactado e depois, colocava uma pequena cobertura de rip-rap. Estas barragens também nenhuma delas sofreu nada. Por que? Porque as forças de percolação todas eram forças no sentido de compressão. Ora, forças de compressão só ajudam, só melhoram o terreno, melhoram a argila.

Um dos aspectos que eu queria mencionar, rapidamente, é o seguinte: a compactação do lado úmido tem um limite definido como capacidade de carga: traficabilidade. Se houver ruptura é muito fácil calcular a capacidade de carga e eu tenho pneus que aplicam $6,7\text{kg/cm}^2$ e eu não posso ter um solo menos resistente do que um certo ponto. Em função disto, a maioria das obras, por exemplo, de menos de 25-30m é condicionada não pela obra mas pelo equipamento construtivo de hoje - Então, quando nós passamos a querer trabalhar em solos mais moles, este é um dos aspectos que teria que ser considerado. Ora, uma das grandes discussões é fissuras - fissuras preocupam muito, mas, que tipo de fissuras preocupam muito?

Não é toda fissura não, fissuras de tração. Fissuras de tração abrem e permitem o fluxo d'água e, portanto, a erosão. Fissuras de cisalhamento não abrem, fecham. Os geólogos sabem, inclusive, que muito frequentemente o falhamento, etc. só plastifica e, portanto, torna o material mais impermeável e não mais permeável, etc. Ora, então eu perguntaria: filtros, será que nós temos então o critério teórico de que o gradiente deveria ser 1×10 ou menos, no caso da barragem de Tardella, por exemplo, com gradientes pela fundação menores do que 1×15 ? Teve problemas de carreamentos. Estive recentemente numa outra obra e descobri em grandes exposições de material, o que me parece ter sido um dos lapsos teóricos que afeta muitas destas obras. Nós costumamos dizer que a pressão de peso da terra é γV . Ora, na super-estrutura nós sabemos que, à medida em que nós compactamos e vamos subindo, há um reajustamento de pressões, em função das diferenças de compressibilidade - o material mais compressivo enrijece, efeito de silo. Ora, nunca se aplicou este mesmo raciocínio à fundação e, no entanto, quando eu cheguei a examinar, vi aí imensas matacões lado a lado com bolsões de silte. Ora, se os senhores imaginam Deus criando o mundo por camadas e não PLINC! como teria sido? Então, os senhores vão imaginar o peso da terra sendo distribuído, principalmente, sobre os materiais rígidos, portanto, os siltes. Não tendo peso de terra nenhum, não podem ter resistência. Ora, não podendo ter resistência não podem resistir aos gradientes de percolação. Problema de gradientes de percolação filtros, é um problema exclusivamente de equilíbrio de forças. Se existe compressão, o nível de compressão não faz mal, só faz bem.

Arraste de cisalhamento. Também temos uma equação aqui embaixo, está um pouco apagada, mas, enfim, portanto, na medida em que a pressão efetiva continua existindo ...

Ora, o ruim é a tração. No caso da tração eu abaixo o

"sigma" efetivo e ele cai rapidamente até valor de zero e, em função disto, não temos resistência alguma. Então, qual é o gradiente permitido? Zero, zero.

Ora, então, não podemos super-simplificar a teorização, mas, se quisermos usá-la com critério, ela existe. Podemos então mencionar todos estes nossos critérios de compressão esteliométrica, diâmetro da partícula tem que ser maior do que o diâmetro do poro do filtro que eu chamaria de critério esteliométrico. Ora, não se esqueçam de que isto depende de uma hipótese de que o diâmetro dentro do poro não mude. Se eu tiver trações suficientes, eu posso aumentar o diâmetro dos poros. Então, estou aqui fazendo apenas um exercício mental com vocês, para lhes mostrar que a aplicação da teorização é ampla e não, meramente, umas regrinhas de bolso.

Bom, comportamento de materiais ferrosos. Agora, passando em resumo, o que é que nós consideramos como elementos básicos - aplicáveis a qualquer secção e justamente para pegar o máximo tempo - eu queria depois pedir a quem quiser, nisto estamos todos juntos, a quem quiser a secção que quiser, aqui ou lá, para nós discutirmos os prós e contras - eu acho, talvez, que este seria o melhor dos exercícios. Veremos o que há de vantagens e desvantagens, de caso em caso, a mesma, não faz diferença. Comportamentos de materiais ferrosos. Então, eu queria deixar com vocês uma sequência, digamos assim, essencialmente lógica de materiais do pior gradativamente para o melhor. Para lembrar-lhes o seguinte: eu não preciso detalhar o que precisa de material, o primeiro ensaio já era um ensaio mental. Eu sei perfeitamente que o material depositado dentro d'água é melhor do que o sedimento. É bem melhor do que determinado material de aterro hidráulico; é melhor do que material de sedimento adensado normalmente, etc.

Começando pela sequência lógica a moldar; quer dizer, recem depositado sem criar fixotropia de estrutura. Com o tempo ele vai adquirindo uma certa resistência liminar que os livros procuram dizer-nos que não existe, mas, se ela não existisse, na frase do próprio Bishop, ele diria que o mundo seria todo chato e plano quanto aos Países Baixos, talvez chato e plano.

Bom, o fato é o seguinte: existe esta resistência, os rusos determinaram as resistências de coesão com areias em aterros hidráulicos. Uns meses depois de depositados, já existem pequenos casamentozinhos entre as partículas em que elas demonstram mais satisfeitas de ficarem como estão do que serem movidas. O meu professor de física quando eu tinha 11 anos já me falava em referência entre atritos: atrito estático, atrito dinâmico, etc. São conceitos que perduram. Material pré-adensado. Na medida em que eu comprimo, ele vai ficando cada vez melhor e, na medida em que ele passar a ser não só provocado mas insaturado, passa a ser melhor.

Agora, consideremos os nossos materiais sintéticos - aterro, um aterro hidráulico. É um pouco ou bem melhor do que um sedimento pré-adensado. Por que? Porque já o coloco numa posição compatível com algum grau de compactação. Se eu lanço o material com uma densidade de 1,4 - 1,5 etc. ele não está começando num estado de vasa e como não o coloco num estado de vasa, eu posso perfeitamente, num gráfico de adensamento, eu posso determinar quais são, provavelmente, as suas características. Se os senhores quiserem, a qualquer hora, eu posso exemplificar isto pontificadamente.

Ora, prosseguindo, material depositado dentro d'água. Se eu deposito saturado é pior, insaturado é melhor. Por que? Porque à medida que eu tenho a insaturação, as compressões passam a ser rápidas, instantâneas, e o que beneficia o material é ele comprimir, ele poder se densificar.

Proseguimos, o material solto empurrado dentro d'água, existe depois de um efeito gradativo de infiltração. Ora, "... Slury Trench Construction" data de 1920 mais ou menos e foi usado com muito sucesso até espessuras de 30, 40m. Por que é que nós consideraríamos isto hoje como algo de estranho, duvidável? Porque nós não experimentamos? Mas há tanta coisa que nós não experimentamos - eu não me recordo de ter sentado debaixo de uma macieira e esperado que uma maçã caísse na minha cabeça, eu estudei Newton, é só ...

Ora, prosseguindo então, material compactado. Evidentemente nós conhecemos e os graus de compactação diferentes. Se eu compacto mais e mais encontro tensões de pré-adensamento maiores e maiores. O seu comportamento e sua condição virgem não se alteram, só altera a sua pressão de pré-adensamento. Para todos nós, o conhecimento de que a equação de resistência, em função do índice de vazios, é paralela à equação de compressibilidade e, inclusive, a distância do paralelismo é perfeitamente calculável por teoria. Então, nós temos condições de calcular qualquer secção a qualquer hora. Inclusive aqui, rapidamente, está representado o comportamento de ensaios rápidos adensados, adensados rápidos e lentos com as pressões de pré-adensamento, etc.

Eu não quero figurar aqui como um professor de aula de graduação em Mecânica de Solos, mas, eu queria deixá-los confortáveis quanto ao fato de que não existe desconhecimento. O que existe, frequentemente, é o esquecimento de aplicar um ou outro conhecimento. Quanto a isto, por exemplo, eu queria, finalizando rapidamente, chamar vossa atenção a aspectos, por exemplo, que se esquecem ou que se subordinam à propaganda: diafragma plástico - usado em materiais de permeabilidade demasiada e outra para interceptar, etc. e depois, construção da barragem sobre ela. Todo o mundo sabe que se houver um recalque deste material, tem que haver um jeito de acomodar a diferença de recalques.

Agora, se aparece um pouco de recalque no topo, é por com pressões de toda a coluna, não só do topo. Portanto, a so lução é teoricamente satisfatória: é só ir atendendo ao longo de um certo trajeto - infuste.

Eu não vi, até hoje, um caso em que isto tenha sido razoa velmente tratado; no entanto, Deus tratou com magnanimidade de todos os casos até hoje - quase todos, por que? Por que as obras foram muito pequenas e, no dia em que tivermos obras que venham a ter recalques muito grandes, nós es taremos com a nossa teoria até hoje aplicada, estes prece dentes, completamente furados.

Uma das coisas que é a maior das mentiras, é dizer que o material é plástico. Ora, ele não é plástico, ao contrário, ele é plástico ou rígido plástico; ele é plástico du rante umas horas ou dias, até dar apega. E, neste período, inclusive, pode sofrer variações de volume, pode ha - ver a redistribuição de tensões e depois, rapidamente, no momento em que ele assume a pega, ele passa a ter um com portamento rígido, um comportamento rígido e uma ruptura plastificante, violentamente.

Portanto, o que é que nós queríamos? Que o material seja plástico na hora de ser construído ou que ele seja plástico na hora em que a barragem suba? Ora, na hora em que a barragem sobe ele é rígido, altamente rígido. Então, é um destes erros de teorização. Até hoje, que eu saiba, barragem nenhuma rompeu por este motivo. Mas, estou esperando, virá sem dúvida alguma, tão bem como veio Teton Dam.

Este caso em que o Grupo Francês cita como não convencional... eu diria que isto é bastante convencional: o uso de solo-cimento como uma espécie de muro de arrimo, o uso de terra armada para fazer uma parte sub-vertical e com uma soleira compactada, permite esta secção funcionar como ver tedouro. Existe teorização para todos os aspectos, tanto o problema de deformabilidade como de estabilidade, como de permeabilidade, de aerabilidade e tudo.

Portanto, não há absolutamente nada de não convencional nisso e, no entanto, é citado como tal. Ora, o que seria não convencional? Na hora em que, em vez de usar esta secção para os 12 ou 15m em que já foi, se passarmos a tentar usá-la para 40-50-80 então, o que acontece é que o solo-cimento etc. fratura e o problema seria realmente novo. Então, é o mesmo tipo de secção para qualquer mudança de teorização e se pretendermos mudar a escala já não a teremos.

Rapidamente, mencionar aos senhores uns aspectos de aterros hidráulicos e de rejeitos que os senhores todos conhecem? Bom, estas secções típicas de aterro hidráulico, ou seja, de barragens de rejeito construídas com um sistema pre-montante. Ora, construído um dique de pé, digamos de errante e ir depositando materiais de ciclone ou não, materiais angulares, grosseiros, etc. logo após e permitir que venha vindo para montante, constituindo uma espécie de tapete ou um material mais e mais argiloso - é um tipo de solução magnífico! Brilhante! E qual deveria ser a direção melhor? Manter isto íngreme e, na medida em que nós mantemos isto íngreme, então, a deposição de materiais grosseiros para finos e para lama é mais e mais automaticamente garantida; é isto que nós queremos que o próprio processo construtivo garanta sua estabilidade. Ora, o próximo aspecto, por exemplo, muita gente que diz: eu não sei se poderia, depois, em cima da aquela lama lançar ou não lançar um segundo dique para subir. É um problema de capacidade de carga, de ruptura sobre esta lama - não há absolutamente necessidade nenhuma de criar novas formas, nós já as temos. Ora, eu gostaria de perguntar: é favorável ou prejudicial permitir enchimentos que dêem ângulos aqui muito brandos. É desfavorável quando eu tenho ângulos muito brandos então, eu teria automaticamente uma criação de argilas imiscuidas com as areias, etc. Além do mais, o que eu procuro mostrar aqui é linhas de percolação descendo nestes volumes. É o princípio de pré-teste. Os gradientes de percolação paralelos ao que seria infiltração por chuva, são instabilizantes. Nós sabemos que os taludes rompem por chuva.

Ora, na medida em que minha obra já sofreu no seu parto estas vicissitudes, ela está garantida perante gradientes deste tipo e, portanto, é muito melhor do que uma obra que não tenha tido isto.

Há formas de se fazer com que a obra em construção seja melhor e não pior de modos que, no futuro, a operação seja garantida. Ora, em comparação, por exemplo, eu deixaria isto para debates, a discussão do clássico tipo de barragem de rejeitos, de construção, digamos assim, dividida ao meio, um tanto para montante e para jusante. Ora, se supostamente isto seria homogêneo, mas, homogêneo como? Se este material todo é depositado, ele para início de conversa deposita com estrias mais ou menos no sentido em que estou indicando. Portanto, quaisquer torrentes de percolações são favorecidas e, fora isto, ele tem uma densidade maior que a pressão aqui no meio daqueles bordos e, portanto, qualquer tendência de infiltração será muito mais acentuada no sentido de fazer romper os taludes. Ora, este tipo de análise é o que eu proponho que seja o catalista principal das discussões desta Sessão.

Agora, eu tenho umas pequenas observações para cada um dos brilhantes trabalhos que foram apresentados e espero que, demais pessoas também cooperem neste desejo de trazermos aqui à tona, para debate comparativo, uma alternativa comparada com outra. Proponho, portanto, que os trabalhos apresentados à presente Sessão Técnica sejam apreciados contra o pano de fundo do que seria justo esperar como teoria e previsão de projeto. Espero que o exercício seja realmente proveitoso, pois muito mais aprenderemos na medida em que nos apercebamos do que haveria de novo, de diferente ou de inesperado. Cada caso de engenhosidade utilizada, sempre será singular e diferente mas, a teoria que permite analisar, prever e projetar é bem menos sujeita a vicissitudes episódicas.

Muito obrigado pela atenção ...

Após a exposição do Senhor Relator, houve um intervalo de 15 minutos para que fossem processadas as inscrições para debate do tema e dos trabalhos apresentados.