

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Geotecnia

Reapreciando Problemas e Desafios em Geomecânica

(AULA INAUGURAL DE 1995)

Victor F. B. de Mello

APRESENTAÇÃO

A área de pós-graduação em Geotecnia da USP/São Carlos instituiu, em 1992, a aula inaugural do ano letivo da pós-graduação.

A aula inaugural de 1995, a quarta da série, ocorreu em 17/03/95 e foi ministrada pelo geotécnico de renome internacional Prof. Victor F.B. de Mello, que instalou e ministrou (1956-69) os cursos de Geotecnia nesta Escola, inclusive o primeiro curso formal de Mecânica das Rochas no mundo, em nível de graduação. O conferencista é Professor Titular Aposentado da Escola Politécnica da USP, ex-presidente da International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, e consultor muito atuante (Victor F.B. de Mello & Associados S/C Ltda.).

Essa palestra já havia sido proferida, em inglês, no X Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, realizado em Foz do Iguaçu, em nov/94. O texto está publicado, em inglês, nos anais desse evento, no volume pós-congresso, páginas 115 a 142.

A tradução do texto foi feita pela bibliotecária Silvia Neto do Valle Sverzut e pelo Prof. Dr. Tarcísio Barreto Celestino, ambos do Departamento de Geotecnia da EESC/USP, e teve a revisão final do próprio autor. Todos são merecedores de nossos agradecimentos.

São Carlos, abril de 1997

José Carlos A. Cintra
Coordenador da Área de Pós-Graduação
em Geotecnia

REAPRECIANDO PROBLEMAS E DESAFIOS EM GEOMECÂNICA

Victor F.B. de Mello

Prof. Dr., Consultor em Engenharia Geotécnica

Victor F.B. de Mello & Associados S/C Ltda.

Nos últimos 40 anos, o fato mais marcante em tecnologia foi a evolução exponencial dos múltiplos industriais; e conseqüentemente, uma mudança na maneira básica de pensar. Tomemos como exemplo o computador e a computação: milhões de opções de alta velocidade do tipo “sim-não” (como resumido na Ilustração 1) conduzem a uma precisão progressiva... que levam à compreensão de “tanto quanto necessário”, e logo após “necessário por que?” e “necessário para que?”. Pensamento tipicamente de engenharia: que decretou a morte do determinismo e da solução analítica.

Em tal ambiente, para nós, engenheiros civis e geomecânicos, isso nos envergonha, ou nos deleita e nos estimula a sermos sempre singulares, diferentes? “A velha ordem mada; cedendo lugar à nova; E Deus se realiza de muitas maneiras; para que um bom hábito não corrompa o mundo” (Alfred, Lord Tennyson).

O caminho analítico que parecia imperativo e sedutor era, na verdade, matematicamente válido para a amplitude total de $0 < x < \infty$; porém atrás da cortina havia o fato de que a realidade foi idealizada. O caminho numérico aceita a origem e o objetivo como Pseudo-Realístico, com simplificações através de decisões, a fim de constituir grupos razoavelmente análogos, isto é, universos estatísticos. Isto posto, é preciso reconhecer e enfatizar que as precisões atingíveis e necessárias são completamente diferentes em: pesquisa >> ensaios profissionais (laboratoriais e in situ) >> obras de engenharia.

Todos os três componentes da orquestra global são individualmente válidos para os seus propósitos, mas é desanimador testemunhar quão tristemente eles falham na composição de um produto sinfônico.

No ciclo de evolução da tecnologia de chips de computadores, à medida que a velocidade de informação aumentou, os preços de computadores diminuíram.

ANO	EQUIPAMENTO	A) INSTRUÇÕES POR SEGUNDO	B) PREÇO US\$	RELAÇÃO A/B
1975	Mainframe IBM	10.000.000	10.000.000	1/1
1976	Cray 1	160.000.000	20.000.000	8/1

Necessidade de time-sharing enfatizada

1979	Vax Digital	1.000.000	200.000	5/1
1981	IBM PC	250.000	3.000	8.3/1

Grande demanda de profissionais de otimização de programação*

1984	Sun Microsystem 2	1.000.000	10.000	100/1
1994	Pentium-Chip PC	66.000.000	3.000	22.000/1
1995	Video Game Sony PCX	500.000.000	500	1.000.000/1
1995	Set-Top Box Microunity	1.000.000.000	500	2.000.000/1

**A profissão minguou. Muito mais barato usar um programa velho e ineficiente do que pagar horas de programador especialista para otimizar.

Ilustração 1 - Quanto mais rápido, mais barato

Apenas dois exemplos recentes servem para mostrar alguns absurdos tornados públicos a que chegou imperceptivelmente a Geomecânica, mesmo em avanços do primeiro mundo. A Figura 1 se refere aos dados publicados na revista *Geotechnique*, junho de 1992, dos ensaios sobre a melhor amostragem indeformada atualmente

imaginável no mundo, para o Governo do Reino Unido (e contribuição mundial), Campo de Provas em Argila Mole Bothkennar, sob a responsabilidade do Science and Engineering Research Council, SERC. Sem qualquer depreciação em relação aos parâmetros fundamentais de comportamento, em relação ao mais simples e preciso de todos os índices de ensaios, teor de umidade, do qual depende quase todo o comportamento da argila saturada, é por demais surpreendente que (a) as variações sejam imensas, cerca de 50-78%, e (b) significativas diferenças apareçam de laboratório a laboratório, mesmo entre aqueles da mais alta reputação. Teriam as amostras de ensaios sido muito pequenas para a significância do problema, e também manuseadas diferentemente? (N.B.: Figura 1 e demais, ver no fim do texto)

A Figura 2 se refere ao trágico colapso do túnel do Metrô de Munique (outubro de 1994) escavado em marga sob cascalho. Poderia ser que dentro da rotina de interpolação linear entre sondagens na Engenharia Civil, esqueceu-se do fato geomorfológico de que as velocidades erosivas da marga não são tão diferentes das velocidades deposicionais do pedregulho basal, e os sulcos de erosão em materiais coesivos tendem a ser subverticais, contrariando as interpolações lineares subhorizontais, e permitindo maior adelgaçamento localizado da cobertura importante para a perfuração do túnel?

O ponto é que precisamos questionar e desafiar constantemente, estando tudo errado (apesar de ter sido útil) ou insuficientemente certo em diferentes graus; e os graus necessários de correção têm aumentado com o tempo, em concordância com as crescentes dispersões de ensaio e de pensamento, favorecidos pela comunicação de massa e convenções inquestionadas.

As Figuras 3a e 3b exemplificam o aumento progressivo das dispersões geradas da pesquisa acadêmica, reconhecidamente bem intencionada, e também de publicações prematuras de resultados de inovadores ensaios de campo. Na Fig. 3a (esquemática) a "lei" empírica de primeira aproximação de comportamento (curva A) foi bem estabelecida através de ensaios de boa qualidade em amostras em condições idealizadas. Pesquisa subsequente acrescentou indicações de interferências devidas a cada um dos três diferentes parâmetros, curvas (B), (C), (D). Isto posto, o melhor profissional, condicionado pelo aprendizado contínuo juntamente com prudência, somente pode tomar decisões baseadas na faixa externa das pseudo-relações empíricas de dispersão acrescida, porque ele raramente dispõe de documentação a ponto de

confiantemente excluir de seu caso profissional o suposto parâmetro complicador. Na Fig. 3b reproduzo, como um mero exemplo, alguns dados do Relatório 43 do Swedish Geotechnical Institute, uma inquestionável fonte da mais alta qualidade para qualquer um de nós: métodos de interpretação publicados praticamente com a mesma autoria, com intervalo de quatro anos, em 1981 e 1985, oferecem regressões estatísticas muito diferentes. Além do mais, a pretensamente melhorada correlação da média de 1985 parece estar associada a um coeficiente de correlação muito pior (r^2), isto é, uma dispersão muito mais ampla.

Quais são as chances de que os mesmos profissionais que aderiram à recomendação de 1981 levariam em consideração com a devida confiança, a revisão recomendada em 1985?

Gráficos similarmente desconcertantes abundam, para todos os outros ensaios e parâmetros, não só no mesmo Relatório, mas por toda a nossa recente literatura técnica. Uma dispersão de 10 graus (+/-) no ângulo de atrito atribuível a uma areia é muito maior do que teria sido determinado "por sentimento" há 40 anos atrás. Qual seria, então, a relação custo/benefício dos crescentes programas de ensaios triaxiais e dilatométricos de Marchetti (DMT)? (Figs.3)

É fundamental lembrar que: (I) Dados errados, e análise errônea têm ocorrido, e continuarão a ocorrer, ofuscando diagnósticos feitos por grandes mentores (ver 2 casos citados mais adiante), e justificando reanálises críticas (e respeitáveis), progressivamente; (II) Nossas decisões de engenharia não são baseadas em parâmetros médios, mas nos respectivos limites superiores ou inferiores (de confiança, para evitar o termo mais bruto, segurança); (III) Erros sistemáticos (proliferados pela comunicação de massa) são muito mais danosos, não podem ser atenuados (como são os acidentais) por intervalos de confiança estreitos, originados de ensaios cumulativos; (IV) Dependendo de como os comportamentos dos "elementos" se acumulam (ou não) em um comportamento-corpo de dimensão de um protótipo, é muito diferente considerar percentagens de intervalos de confiança nas médias (ex: compressibilidade/deformabilidade) ou em pontos individuais (ex: cisalhamento friável ou rupturas por tração); (V) A engenharia, entretanto, não pode ser privada de uma decisão prioritária do grau de significância, do parâmetro quantificado para o projeto alcançado, e não para a pesquisa ou teoria presumida envolvida. É aí que a prática da engenharia tem tristemente falhado em prover suporte quantitativo para o contínuo

exercício neurológico Bayesiano da experiência. Nós infelizmente temos desapontado duas gerações de ávidos seguidores.

A Fig. 4 apresenta dados de uma recente fundação muito meticulosa de estaca cravada de um prédio residencial em São Paulo. A classificação geotécnica do SPT, auxiliada ou dificultada por uma displicente pseudo-geologia, apresentou uma camada argilosa rija “terciária” (quantos milhões de anos, e quão pouco imaginativamente manietados os caprichos da natureza durante o período?) como adequadamente uniforme para uma fundação por estaca para garantir recalques minimizados, totais e diferenciais. Estaqueamento cravado de concreto cuidadosamente controlado pela comprovada técnica PDA foi usado para dupla garantia de homogeneidade, porque cada estaca é pré-testada durante sua penetração micro-dinâmica até a “nega” desejada (testada, e logicamente, assemelhável à penetração micro-estática da prova de carga).

O primeiro inspeco dos dados (Fig. 4) é de uma surpreendente, quase chocante heterogeneidade apesar do efeito homogeneizante cumulativo do atrito (dominante) mais as contribuições de ponta. As 12 estacas documentadas pelo ensaio de prova de carga dinâmica deram: comprimentos cravados variando 16% sobre a média de 10.8m; micro-recalques de curto prazo “elásticos” variando entre 4 e 11mm na carga de trabalho da estaca de 130t; na carga de trabalho da estaca, um recalque incremental entre 1mm e 2.5mm por acréscimo de 20t (15% da carga). (N.B. Tal comportamento incremental é o que importa para os danos no revestimento do edifício, o elemento mais sensível por experiência). Contudo, no que diz respeito à dispersão na engenharia, o efeito líquido deveria ser o oposto ao que ocorre automaticamente por causa da idealização do recalque diferencial nulo idealizado pelos engenheiros estruturais, e por nossas próprias receitas históricas de primeiro grau de aproximação. A diferença entre recalques de 4 e 11mm em carga de trabalho é irrelevante para o comportamento do edifício, ambos merecendo tratamento equivalente sob o tradicional rótulo de “insignificante”; assim também o recalque incremental de 1 a 2.5mm por 15% de incremento de carga. O problema é que sem dúvida, todos os edifícios que se comportaram perfeitamente bem (a grande maioria dos casos não tão bem documentados ou monitorados) tiveram recalques equivalentes ou piores, nunca tendo sido submetidos a análises de redistribuição estrutural, como se inusitado ou dramático. A dispersão revelada apropriadamente instiga ao cálculo de redistribuições; mas, situações parametricamente diferenciadas (faixas de confiança probabilística mais

largas) deveriam ser colateralmente analisadas, e o limite aceitação/rejeição não deveria continuar a ser estabelecido no zero idealizado, mas em alguma condição justificadamente mais dispersa do que a atual. Mais uma vez peço para enfatizar que a ausência de evidência não pode ser tomada como evidência de ausência (um dos mais freqüentes erros de conceito em tecnologia), simplesmente por causa de idealizações inexoráveis, ilusões e limitações históricas em micro-quantificações. Por cair na cilada comum de fazer o oposto, atribuindo à nossa idealização determinística a presunção da verdade inicial, nós deixamos esses casos resultarem em incomensuráveis problemas para a sociedade, deploravelmente longe de usar o progresso da engenharia para beneficiar a sociedade e nossa experiência profissional.

Resumindo, portanto, alguns dos problemas sérios de desperdício de energia têm surgido por causa de: a) falta de compreensão quanto aos diferentes níveis de significância em pesquisa, ensaios profissionais e materialização do projeto; b) falta de reconhecimento da grande diferença entre correlações e prescrições (receitas); c) ausência de ênfase de que as decisões de engenharia dependem de prescrições seguras, e estas necessitam de melhores quantificações estatísticas de dispersões a fim de evitar ser forçado a limites mais seguros e mais caros; d) ausência de retroanálise das evidências históricas da engenharia com realismo libertado das indispensáveis idealizações matemáticas originais, a não ser para apoio em indicar tendências.

Às falhas acima, devo acrescentar a flagrante falta da contribuição característica das três componentes chaves da Geomecânica: Geologia, Mecânica dos Solos e Mecânica das Rochas. Atento à falta de espaço ou resumo na Ilustração 2 alguns pensamentos-chave bem conhecidos relativos a esse tripé da Geomecânica, de modo que diante de cada novo trabalho técnico ou desafio profissional, o bem intencionado profissional esteja alerta ao questionamento incisivo: como é que essas necessidades são tão freqüentemente colocadas de lado, como se não existissem?

No apelo à reapreciação, devo também chamar a atenção para a interveniência casual do erro humano. Nós erramos, independente de quão prestigioso seja o autor? Sistemáticamente, por algum tempo, até que oxalá seja corrigido? E também episodicamente, justificável na retroanálise? É claro que sim; e sem a mínima vergonha em comparação com a de persistir no erro.

1. Contexto Geológico Básico, Indispensável

1.1. Visão do “pano de fundo”

1.2. Procurar as descontinuidades; qualquer falha acerta no contínuo, definindo-o
(cf. jogo infantil “Batalha Naval”).

1.3. Idade Quantificada Importante
(contínuo/descontínuo)

1.4. Bifurca

{	Essência Geológica	{	Interação com usuário
	Geologia “para algo”: Requer (ex.: Minas, Civil, etc.)		Quantificação muito melhor

2. Geotecnia, Mecânica dos Contínuos Pouco Consistentes

2.1. Anteriormente: a) Fraco b) Compressível/Deformável

a) Ruptura b) Macro-Deformações de Obras Modestas

2.2. Agora: Macro-Obras Limitadas a Micro-Deformações.

Ensaios pioneiros grosseiros, muitos deles ilógicos

Exceto em pesquisa, rotinas mataram qualidade + senso de objetivo

3. Mecânica das Rochas, Mecânica do Descontínuo

Origem em investigar o material, rocha, $\rightarrow \infty$.

Gradualmente se embaralhou em reconhecer sua esquizofrenia.

O que importa é o “não-material” ($\rightarrow 0$), trinca, cavidade.

Como reverter procedimentos de investigação?

“Pequenos Detalhes Geológicos”. (Ex.: Ruptura de Malpasset)

Ilustração 2 - Geomecânica

Os três próximos exemplos são propositalmente extraídos com referência a uns casos e pessoas merecedoras do meu (nosso) maior respeito e, principalmente pelo propósito educativo de distinção entre análise crítica de dados, hipóteses e interpretações, e crítica dos profissionais envolvidos. Primeiramente, a própria interpretação errônea inicial de Terzaghi sobre os recalques do prédio do M.I.T., sua tarefa profissional chave colateral à criação do curso de Mecânica dos Solos. As próximas citações são dos trabalhos de Aldrich e Seeler, 1981, no seminário realizado no M.I.T. sobre “Passado, Presente e Futuro da Engenharia Geotécnica”. “Terzaghi

encontrou que o teor de umidade natural da argila aumenta com a profundidade... e admitiu que "o adensamento continua ocorrendo como um processo geológico": das três causas para os recalques desiguais dos prédios do M.I.T desde dezembro de 1916 (alcançaram 1 4-6" até 1923) Terzaghi concluiu que "os recalques são essencialmente devidos ao escoamento lateral, sob teor de umidade razoavelmente constante"; "devido a erros e imprecisões de ensaios e amostragem, ele admitiu um adensamento extremamente lento..., concluindo que em 1929 o fenômeno ainda nem havia começado, quando na verdade em 1930 a fase de adensamento primário já havia terminado" O trabalho todo deveria ser lido, também com relação aos outros conceitos errados sobre provas de carga e recalques em estacas, todos numa respeitável colocação histórica. Contudo, é suficiente para mim enfatizar a interação entre dados e teoria, como um tropeço sofrido pelo pai da teoria do adensamento (e mecânica dos solos), entusiasta da geologia, ciente do pré-carregamento glacial como processo geológico em questão.

Em segundo lugar, permitam-me apresentar um exemplo que eu presumo ter sido condicionado pelo pensamento positivo da suficiência profissional da prescrição, diante da dificuldade de superar a falta de evidência sob mais amplas variações de condições. A importância do assunto de Critério de Filtro (FC) para garantir a segurança de barragens contra rupturas por erosão tubular é inquestionável; são sérias a catastróficas por causa da maior probabilidade de ocorrerem sob condições de reservatório cheio, e continuam a figurar como um dos mais frequentes tipos de ruptura. Apesar dos esforços de diversas pesquisas, a básica prescrição de projeto continua a ser a de Bertram-Terzaghi (1940), baseada em ensaios rudimentares de laboratório. Utilizando um conjunto de dados de ensaios de pesquisa mais recentemente publicados, de um mui respeitado autor (Fig. 5, Sherard 1984, ASCE) eu apenas enfatizo tanto a eminente opinião que convida a uma reapreciação como o fato de que a observação e a interpretação dependem do ponto de vista do observador.

Há muitos detalhes a serem considerados sobre os ensaios propriamente ditos, seus objetivos e condução: dentro do escopo presente demonstro simplesmente que, tendo aceitado os dados como pertinentes, podemos chegar a diferentes conclusões analisando-os de mente aberta, junto com o banco de dados mais amplo possível, e à luz de mínimos princípios estatísticos. A publicação tabulou os dados e limitou-se a

concluir que “todos” os dados conservaram o clássico critério de filtro de Bertram-Terzaghi como sendo ainda satisfatório e suficiente.

Na Fig. 5, entretanto, sintetizo os mesmos dados em uma possível forma gráfica que deveria sugerir algum questionamento. Não seria importante para a tecnologia abrir questionamentos para o futuro, simultaneamente com o fechamento de resposta temporária para uso suficiente imediato? Os dados do ensaio aludiram a claros limites de ruptura e não-ruptura (nos procedimentos específicos de ensaios) para o índice D_{15F}/d_{85B} das curvas granulométricas do filtro-F e base-B. Estes pontos de limiar de ruptura são plotados na Fig. 5a versus os respectivos diâmetros d_{85B} . A primeira observação surpreendente é de que há uma dispersão muito grande de resultados (provavelmente devida a um ultra-simplificado índice de parâmetro único) para a prescrição sobre um tão sério problema de ruptura. Por exemplo, em um diâmetro de partícula d_{85B} de 0,07mm o “limite bem-definido” desenvolvido sob os índices FC variam de 10 a 55. Na verdade, todos os valores estão acima do estabelecido critério de 4-5. Porém, numa observação mais ampla vemos que esse despretençioso gráfico insinuaria uma tendência de o índice FC ser progressivamente insatisfatório com o aumento de d_{85B} : embora isso possa parecer contrário à “intuição” (ditado por qual modelo mental?) postulo que deveria ser exigida uma investigação-explanação.

A Fig. 5b associa os mesmos dados juntamente com o mais amplo banco de dados de ensaios publicados aparentemente análogos. Os “dados de condição de ruptura” foram separados como pertencentes a cascalhos-arenosos e siltes-argilas, e são plotados em gráfico de recorrência de máxima enchente, de probabilidade de valor extremo de Gumbel: a série de dados distribuiu-se independente das diferentes condições de ensaio e critérios de ruptura. A pressuposição de erosão tubular ser um fenômeno de estatística de valor extremo tem sido meu modelo mental fundamental por décadas: avidamente convidando a uma checagem crítica, e aceitação/rejeição. Exceto se rejeitadas, as tendências e regressões que transparecem na Fig. 5b parecem de interesse e impacto: resultariam as conclusões de que o critério de projeto recomendado por Bertram-Terzaghi envolveria 18% e 1.7% de probabilidades de ocorrência das rupturas tubulares em areias-cascalhos, e em siltes-argilas, respectivamente. Em um problema tão sério como catastróficas inundações devidas a rupturas de barragens por retro-erosão tubular não podemos ficar satisfeitos com tão baixas garantias probabilísticas de condição de ensaio (diminuídas ainda mais pelas

dispersões nas regressões) em um fenômeno logicamente entendido como dependente de outros parâmetros de primeiro grau além do índice FC de 1940. Quais os critérios de custos-de-riscos, absurdamente variados, que teriam sido subconscientemente incorporados nessas e outras prescrições de projeto?

Em terceiro lugar, permitam-me recorrer a um antigo e respeitado ensaio de campo em protótipo de nossa profissão, relativo aos aterros sobre argilas moles, o caso de Väsby (Suécia, 1946), para demonstrar a possibilidade de erro despercebido na análise, e conseqüente necessidade imperativa de reapreciações questionantes. Realizado com o intuito de determinar o comportamento de compressão secundária de longo prazo da argila mole sob sobrecarga do aterro, tornou-se tão carregado com valor técnico, devido ao tempo transcorrido irrecuperável, que nesta singular avaliação histórica a relação potencial benefício/custo se torna incalculavelmente alta. Deveríamos nós agora repetir um ensaio melhor concebido, e esperar até o ano 2040, para estarmos numa posição melhor?

As limitações de espaço e tempo restringem minha discussão presente a três pontos: o trabalho de Terzaghi 1946; uma flagrante carência de dados básicos, facilmente reconstituíveis em qualquer momento, quando se desejar (se observado); e a minha hipótese de um erro simples de cálculo na mudança de pressão de sobrecarga com recalque/tempo, alterando significativamente a conclusão sobre o objetivo prioritário do ensaio.

O trabalho de Terzaghi recomendou os ensaios de campo em Väsby “de maneira e numa escala tal que eles nos informem sobre todos os fatores que determinam o comportamento da argila mole sob a influência de sobrecargas temporárias e permanentes. De maior relevância entre eles é o efeito secundário relativo ao tempo. Desde que esse conhecimento esteja disponível, as investigações preliminares para a construção de um campo de aviação sobre argila mole em qualquer parte do país podem ser reduzidas a rotineiros ensaios de solos que podem ser executados em pouco tempo”. [N.B. Bastante determinístico e confiante em relação a “todos os fatores”, “qualquer parte do país”, a crença em “ensaios rotineiros de solos”, e o importante problema profissional de extrapolação de comportamentos de curto prazo para previsões de longo prazo. Qualquer destes pontos é bastante compreensível numa retrospectiva histórica. Enquanto isso, é penoso refletir que os Centros de Ensino Superior atuais não possam devotar interesse a problemas realmente

de longo prazo, enquanto que projetistas da prática profissional, por seu lado, podem defender-se bastante bem de ações judiciais de responsabilidade e de consciências culpadas por trás da cortina de misticismo da ignorância coletiva].

O ensaio de Väsby é eloqüente em manifestar a obrigação de repetidas reapreciações, com dialética desafiante. Um exame cuidadoso dos registros de época serve como a mais eloqüente lição sobre três facetas: a importância de observar nossos esforços historicamente; o tempo transcorrido irrecuperável na observação do protótipo; o alto custo e valor dos comportamentos bem evidenciados da natureza, permanecendo disponíveis para reanálises progressivas enquanto nossos métodos vêm sendo sujeitos a mudanças. Durante a trajetória registrada, cada reapreciação (ex. trabalhos do SGI após 20 anos, 1966-69, e após 35 anos, 1979-81, envolvendo algumas das mais ilustres instituições e líderes em geotecnia) ensinou algo técnico, mas, acima de tudo, deveria ter ensinado a mensagem da nossa necessidade de retornar repetidamente com nossas visões incorretas e dispersivas, para tentar melhorar o ajuste racional ao curso de precisão cristalina do comportamento da Natureza.

É impossível narrar aqui a série de insuficiências e deficiências relatadas, como resultado das reapreciações de 20 anos e 35 anos. São muitos os lapsos facilmente justificáveis no contexto histórico; entretanto, dois lapsos importantes são o da lógica da investigação, associada com o círculo vicioso de se afirmar como sabido aquilo que é realmente a pergunta, e isto por raciocínio condicionado pelo desejo. Deveríamos nos surpreender com o pouco monitoramento dirigido ao veículo teórico para interpretação da compressão secundária, que deveria ser a sobrepressão neutra; mas a imprecisa instrumentação da época, associada a confiantes expectativas determinísticas, deveria ser perdoada no início da profissão. O que não pode ser desculpado é quão poucos dados de ensaios foram coletados sobre o “fator causador”, a sobrecarga do aterro de cascalho. Pelo trabalho de 1981 “a metade oeste do aterro foi executada com material simplesmente lançado sem compactação, enquanto que a metade leste foi compactada após a descarga. Como resultado do método de colocação, a metade oeste do aterro ficou um pouco mais alta que a metade leste. Contudo, acreditou-se que a magnitude da pressão sobre toda a área fosse a mesma. O peso específico do aterro de cascalho em seu estado não compactado foi determinado como 1.7 t/m^3 ”. Da tese que originou o relatório não se extrai informação adicional: mas se a falta fosse percebida e sentida, ensaios adicionais à vontade poderiam ter sido

incorporados a qualquer momento. Eu concluiria que presumidamente não apenas o aterro de cascalho era um tanto fofo, mas também compreensivelmente quase seco. Admitamos um grau de saturação e um teor de umidade da ordem de $S_r = 15\%$ e $w = 375\%$. Obviamente à medida que tal aterro submerge (recalcando abaixo do nível de água) seu S_r aumentaria para cerca de 95% . Assim o peso específico da camada submersa aumentaria para 2.01t/m^3 . Tais fatos deveras simples sobre ensaios de índices físicos do aterro de cascalho se tornam muito importantes porque o Relatório de 1985 submete uma estranha conclusão teórica de que tão rápido quanto a pressão neutra dissipa (e o recalque observado continua com velocidade constante) há uma “desestruturação” exatamente correspondente da estrutura da argila, reconstituindo a pressão neutra. Essa teoria, classificável como uma teoria de um caso único, foi fundamentalmente baseada num cálculo hipotético de que à medida que o aterro recalca abaixo do nível da água (tomado como fixo), a “submersão” progressivamente reduziria as tensões aplicadas efetivamente causadoras do excesso de pressão neutra e ulteriores recalques.

Finalmente, meu presumido e postulado erro de simples cálculo. As intuições relativas aos princípios de Arquimedes estão enraizadas: quem pararia para reconsiderar um caso específico, mediante um cálculo tão incontestável e elementar? Note que a intuição sobre pressão decrescente com submersão surge dos aterros argilosos compactados que partem de $S_r \cong 95\%$ e dificilmente aumentariam seu S_r em nível perceptível (cf. a necessidade de saturação por contra-pressão em solos microporosos). Eu me refiro à Fig.6 e retorno aos primeiros princípios de tensões efetivas em perspectiva como tensões totais menos pressões neutras. Com nível de água constante, em qualquer profundidade Z de um elemento de solo a pressão neutra permanece constante. Assumindo “nenhum” deslocamento lateral da argila acima de um determinado ponto, à medida em que a compressão ocorre, a tensão total devida à argila permanece constante por causa do peso específico aumentado compensando a compressão ΔH . Com relação ao cascalho, repetindo para tempos $t = 0$ e T , correspondendo ao recalque X , a tensão total aplicada somente aumenta linearmente até que todo o aterro de cascalho esteja submerso (recalque de 2.5m). Os perfis comparativos (A) e (B) da Fig. 6 deveriam esclarecer o raciocínio, e o gráfico (C) indica a tensão total variando com o recalque. Por isso, uma reapreciação abertamente questionante sobre o caso, para recuperar o presente extremo de zero de relação

benefício/custo, poderia buscar cálculos e dados de ensaios facilmente incrementados e melhorados: a teoria do “processo de adensamento primário auto-induzido... plausível de continuar até que a estrutura da argila se restabeleça” implodiria. [N.B. Por sinal, devido aos atavismos, provavelmente a mesma possível reapreciação se aplicaria também ao valioso ensaio do aterro de Skå-Edeby 1957, muito usado para cálculos de longo prazo dos recalques de argila com fibro-drenos verticais].

São os princípios das “certezas” vs. avanço tecnológico progressivo que estão em jogo, não os casos específicos e os esforços envolvidos, sujeitos à eterna revisão crítica ulterior. E as pessoas por trás desses esforços dispensam identificação, a fim de que se promova uma reavaliação francamente aberta, visto que todos nós, da engenharia civil geotécnica, somos apenas instrumentos louváveis na obrigação de servir, testando as fronteiras da ignorância e impunidade nos protótipos.

Sede por uma Rápida Inovação é Prejudicial.

Não seria natural que em todos os estágios de nossa trajetória tivéssemos tido (1) as melhores intenções, (2) algum grau de (injustificável) confiança nutrida pelo conceito científico, de que agora, na verdade, temos um domínio sobre todos os fatores que interessam? De outra forma como é que se explicaria, e justificaria a grosseira negligência concernente a intervalos de confiança estatísticos, além das regressões (lentamente introduzidas)?

Com o risco de repetir o óbvio muitas vezes esquecido, noto que existem diferenças muito fundamentais entre ciência e a prática tecnológica da engenharia civil geotécnica. A ciência não tem os princípios de segurança e de critérios quanto a níveis de aceitação que são a essência da engenharia. E, além disso, na distinção entre esses modernos epítomes de sucesso como as engenharias industriais (mecânica, química, eletrônica, etc...), na engenharia civil geotécnica tem-se que (1) lidar com condições individualmente diferentes em cada obra, (2) usar o próprio protótipo como um ensaio, trabalhando entre a frigideira (falha econômica) e o fogo (rejeição técnica).

Com o devido respeito, a mais louvável e ilustremente gerada contribuição-marco do Bothkennar (Geotechnique, 1992) Soft Clay Test Site, sob intenções vanguardistas e nobres do UK Science and Engineering Research Council (SERC)

pode ser usado para apoiar meu argumento. A valiosa contribuição deve ser gratamente reconhecida, do pretendido campo de provas internacional, com um apelo para um esforço cooperativo mundial, como um único campo de provas em argila mole para pesquisas continuadas e de longo prazo.

A engenharia deve se equilibrar criteriosamente entre casos singulares sofisticados e múltiplos casos aproximadamente estimados quanto a similaridades/variabilidades. Com respeito a postulados que foram historicamente indispensáveis deveríamos humildemente lembrar-nos de que cada marco no caminhar demasiadamente distante para visão direta de demais marcos, poderia muito bem ser seduzido a promover-se enganosamente como o último nirvana. Deve existir uma estrada (envolvendo a prática) já pontilhada por outros marcos, dos quais haverá ainda mais por vir, com certeza alterando progressivamente o curso. Uma estrada e um objetivo são reais, enquanto a chegada é ilusiva: tal é o conceito de “pesquisa ininterrupta de longo prazo” do passado e do futuro.

A consciência científica é marcadamente evidenciada. Simplesmente como um exemplo, escolho a questão da amostragem e qualidade da amostra (persistindo no erro de empregar somente especificações de método, sem assistência das especificações de produto final, pelo qual com mudança da profundidade a qualidade deveria sofrer uma inevitável tendência para sofrer diferenciação); e emprego a própria lógica dos pesquisadores em benefício da verificação colateral contra “as práticas rotineiras” mundiais de se ater à experiência histórica. O objetivo “de usar técnicas de amostragem e ensaio que foram consideradas como as melhores práticas correntes disponíveis” é estabelecido, e é louvável para um vanguardista. Porém, esforços passados não teriam sido admissivelmente intencionados de forma semelhante? Que lição de lógica a partir do fato de que os 3 “melhores amostradores atuais” selecionados para uso deram resultados tão diferentes? E que percentagem de casos profissionais é (ou será, num futuro próximo) capaz de usar práticas de vanguarda similares?

Enquanto isso, no esforço para preservar o legado das evidências do passado do comportamento da natureza, dois caminhos estão disponíveis, e pelo menos em alguns casos significativos deveriam ser usados em complemento. Um é repetir, para casos passados, as “melhores práticas correntes disponíveis” para a devida comparação: um enérgico chamado para importantes instituições ao redor do mundo

envolvidas em tais esforços passados deve ser feito ao longo desse caminho, porque é a única forma de acrescentar confiança estatística às conclusões do ensaio Bothkennar, por enquanto em argila única. O outro, mais imediatamente viável, é Bothkennar repetir algumas das práticas dominantes associadas aos casos passados, para que, assumindo similaridade moderada, alguns fatores de ajuste possam ser quantificados para estimativas de parâmetros atuais vs. os anteriormente adotados.

As diferenças muito significativas sinalizadas (cf. exemplos resumidos na Fig. 7) entre parâmetros-chave como os obtidos das três “ amostras presentemente ideais” deveriam reforçar nosso reconhecimento da necessidade de comparar também os resultados das técnicas de ensaio e amostragem amplamente variadas (meios, não fins), e também de subsequentes cálculos e decisões, que foram espalhados pelo mundo, e estão ainda em uso apropriadamente respeitado por bons discípulos e acólitos. Observe que quando os resultados foram pobres, tendendo a significativo amolgamento, e a parâmetros adotados com prudência, obviamente as diferenças através do mundo foram muito atenuadas, favorecendo uma linguagem e receita comuns; porém, foram suficientes para cada início, inevitavelmente humilde, mas não necessariamente demasiado conservador/dispensioso nas decisões finais, devido às possíveis compensações nas teorias adotadas e nos correspondentes fatores de ajuste.

Eu arriscaria o palpite que devido a atrasos no tempo, geografia, economia e fatores compostos, certamente mais de 98% das experiências e julgamentos geotécnicos passados e presentes estão ligados às práticas mais cruas de amostragem - manuseio - ensaio - interpretação do que as usadas nas publicações da pesquisa de Bothkennar. Não se pode evitar de observar que os resultados da resistência de pico diferem cerca de 45%, e as pressões de pré-adensamento determinadas em até 200%! Se alterássemos (com as melhores e mais louváveis intenções científicas) nossos meios tão significativamente, não deveriam automaticamente ser exigidos ajustes proporcionalmente significativos de nosso coeficiente de ajuste por experiência visando somente a meta que é, no julgamento final, o propósito dos resultados da engenharia geotécnica?

Não podemos desprezar o preço pago pelos incontáveis ensaios de campo feitos, e a imensa evidência de gastos exagerados em casos sem comportamento desfavorável, marcados às vezes por rupturas questionavelmente analisadas. Não podemos desprezar a grande maioria das diligências ao redor do mundo que ainda

estão (e sempre inevitavelmente estarão) defasados de qualquer vanguarda de desenvolvimento. Para uma avaliação estatística e bons resultados de custo/benefício, devemos reunir evidências através da geografia e do tempo.

Para exaltar um respeito comparativo por algum conteúdo pertencente ao passado, inevitavelmente mais simples, eu me limitarei à seguinte citação do trabalho "Previsões associadas com o estudo do atrito negativo em estacas em argila mole SERC em Bothkennar, Escócia", por Little and Ibrahim, Wroth Memorial Symposium, pag. 809: " Geralmente os previsões para o atrito negativo superestimaram as medidas obtidas em julho 1992. Em alguns casos, a superestimativa atingiu 500-600%. O valor e a distribuição da previsão do atrito negativo submetidos por Rojas e Houlsby (usando o método de Zeevaert) foi considerado muito próximo à distribuição real" Experiência acumulada, ao invés de sede pela inovação rápida.

Atrativos e Armadilha dos Desafios de Previsão vs. Desempenho.

Uma nova era foi estabelecida quando T.W. Lambe (M.I.T 1967 em diante) descobriu a necessidade de expor as grandes discrepâncias que estavam ocorrendo na capacidade de prever o comportamento real dos projetos na prática da profissão. Tais desafios proliferaram pelo mundo, geralmente sob o patrocínio das mais prestigiosas Instituições Acadêmicas e das Sociedades Profissionais. Eu me limito aqui a reapreciar o caso pioneiro, e outro caso análogo ocorrido 15 anos depois, ambos de aterros sobre argilas moles. Uma análise comparável de casos de fundações é mencionada na Conferência Odair Grillo, 1993 (Revista Solos e Rochas). A lição global extraída deveria ser deprimente na verdade, a não ser pelo fato de que devemos nos alegrar em nos educarmos a nos levantarmos de episódicas quedas audazes, e refletir sobre nossa permanência em falhas repetitivas: é fundamental que diagnostiquemos as principais armadilhas... elas estão, novamente, em conceitos de decisão de engenharia, e dispersões estatísticas.

“Simpósio sobre Previsões de Deformações em Fundações”, M.I.T., 1974.

Pode parecer injusto e estéril retornar após 20 anos àquele caso marcante, mas é dessas marcas do passado, livremente reanalisadas, que devemos desenvolver nossa experiência coletiva, principalmente quando, como numa primeira tentativa, existe a maior propensão para as orientações com juízo incorreto. Aqueles eram os dias da fé e esforço concentrados em análises de tensão efetiva, modelagem computacional, elementos finitos, generalizações de comportamento normalizado e equações constitutivas, ensaios aperfeiçoados e precisão de instrumentação, e das metas do projeto definidas em função de deformações aceitáveis. Na verdade, o nome do simpósio era “Previsões de Deformações em Fundações”, embora inevitavelmente o aspecto mais saliente mudou para a ruptura nítida, o único comportamento significativo nitidamente evidenciado.

Mais uma vez a clara descrição freqüentemente mencionada da bem definida ruptura “friável” se evidenciou uma mosca-alvo para um exímio atirador¹. É claro que neste caso de depósitos homogêneos de argila o comportamento da Natureza é “teoricamente” cristalino com respeito à ruptura, enquanto qualquer discrepância ou dispersão em nossa previsão cai justa e somente em nossos ombros, e não nas freqüentemente difamadas erraticidades geológicas. Na verdade, a dispersão comportamental da natureza é muito menor do que nossa capacidade para quantificá-la; nossa tarefa é tanto abordar a realidade Média da previsão do desempenho, quanto para as decisões econômicas de projetos, diminuir nossas dispersões muito mais amplas.

Enquanto isso, tanto os objetivos como os procedimentos de ensaios de campo eram muito abrangentes e indefinidos com respeito a “desempenho da fundação durante e após a construção”: cientificamente deveria ser sempre lembrado o princípio da equação diferencial parcial, de apontar para um alvo de cada vez, e significativo; profissionalmente se sintoniza na experiência daquilo que importa, que seria, em poucas palavras, o potencial transitório de instabilização de final de construção e/ou as deformações de longo prazo após construção. Deve-se evitar a confusa mistura dos

¹“Logo de manhã...ocorreu uma ruptura de proporções extraordinárias. Em minutos...abatimento da crista de cerca de 30 pés e soerguimento dos lados de até 14 pés. ...Nenhuma trinca na superfície foi observada no dia anterior, nem houve indicação clara da ruptura iminente obtida da instrumentação de campo. ...A ruptura ocorreu em ambos os lados...”

dois que pode somente sugerir um ensaio de campo idealizado para concordar com uma tese teórica idealizada, com pouca atenção ao típico problema profissional de engenharia e à necessidade do retro-vínculo com a experiência assimilada.

Para o presente objetivo de avaliar quanto foi o desperdício naquele caso e quanto poderia ainda ser progressivamente recuperado por reapreciações, os resultados resumidos na Figs. 8 e 9 bastariam. Alguns surpreendentes fatos de importância para decisões de engenharia (o prévio limite aceitação-rejeição na distribuição de conhecimento) podem ser resumidos;

a) os 10 prognosticadores (mais documentados do que, vamos dizer, 98% de casos típicos similares profissionais²) usaram diferentes abordagens teóricas personalizadas, nenhuma delas ajustada à prática via casos históricos, e essencialmente todas com viés (otimista ou pessimista) determinístico que na maioria não se distribuíram razoavelmente em torno da média ou dos resultados observados (Fig. 8a).

Se o cliente tivesse decidido pagar 10 vezes o custo do projeto (já um tanto excepcional), e se orientar pela média das 10 recomendações, ele teria a chance de acabar por conseguir um bom projeto, por mera sorte.

Como é apresentado na Fig. 8b, um projeto mais barato, de média equivalente e menor dispersão, teria resultado de poucas horas de “sentimento” por todos os 26 membros da platéia; estritamente falando, contudo, isso também deveria ser reconhecido como que por mero acaso, devido a outros fatores, alguns importantes e singulares.

b) quanto à experiência profissional anterior, deveria ser observado que o caso proposto era bastante inusitado. Não pareceria que qualquer aterro sobre argila mole prévio (ou ulterior) tenha sido projetado com qualquer hipótese que não fosse FS com relação à ruptura. Nenhuma “deformação de fim-de-construção” tinha jamais sido de interesse (em comparação com os recalques de longo prazo, compressão secundária, manutenção, etc. ..., cf. Väsby). Nenhum projetista jamais tinha considerado monitorar deformações do período de construção e piezômetros, para acompanhar indicações de pré-ruptura. As previsões Tipo A foram um desafio para as suposições teóricas não

²Uma afirmação inicial foi “A causa principal dos prognósticos incorretos são os dados falhos e insuficientes”. Falhos eles sempre são, em graus maiores ou menores e familiaridade bem como experiência são usados para compensar. Diante da prática profissional “determinantemente mal orientada” poderia ser uma qualificação mais realística do que “insuficiente”.

testadas e não ajustadas, sugerindo aceitação dos “dados” como fatuais, em valor estacionário, desprovidos de transitoriedade histórica.

c) quanto a tal aceitação dos dados dos ensaios (ex. resistências não drenadas) tal como provido, a Fig. 9 resume dois gráficos extremos de heterogeneidades bem além da razão ou aceitabilidade. Observa-se a ausência de qualquer tentativa consistente de “corrigir” pelo amolgamento (sensibilidade), perturbações na sondagem-amostragem-manuseio, qualidade da amostra e do corpo de prova refletida nas curvas tensão-deformação, etc. Ao qualificar uma amostra simplesmente como (ex.) “amostra indeformada com diâmetro de 5 polegadas” a atenção para regras históricas como as dadas em “Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes” (Hvorslev, 1940, ASCE), foi desprezada. Por sinal, os prognosticadores não expressaram queixas a priori, ou desejo por amostras-ensaios convencionais (embora mais pobres) aos quais suas experiências teriam sido ajustadas.

d) a construção do aterro em duas etapas, primeiramente, de 12,2m de altura (abril 1968 a maio 1969, com interrupção no inverno, de 15 de novembro a 15 de abril), e finalmente, 5 anos mais tarde, do aumento de 5,7m no “fim do verão de 1974” (até a ruptura, 20/09/1974) constituiu outro fator complicador não usual, desprovido de qualquer ajuste “modelo-protótipo” Bayesiano. Além disso, tais ajustes só poderiam ser viáveis se os parâmetros monitorados fossem significativos, e seguissem as mesmas “leis” dos fenômenos no comportamento modelo-para-protótipo tornado evidente.

e) Do ponto de vista da engenharia, o fato mais surpreendente foi a absoluta ausência de atenção para o aterro em si, tanto como fator causador básico, tendo alcançado altura de até 17,9m, e tendo comportamentos de resistência nevrálgica e de “tensão-deformação rígidas” sob tensões de sobrecarga próximas de zero, pobremente quantificáveis exceto em ensaios “rápidos” UU.

Os (apenas ?) 8 ensaios de densidade de campo variaram entre 1.74 e 2.20 t/m³, uma variação de mais ou menos 11% em torno da média, resultando na mesma variação na pressão aplicada: entretanto, as condições mais densas são coincidentes com resistências muito mais altas (em tensões baixas). E os ensaios de resistência do aterro foram limitados a seis ensaios triaxiais CD (!?), possivelmente com tensões efetivas nominais dependentes das sucções. Muitas outras observações podem ser feitas, evocando proveitosas reavaliações (nem todas passíveis de crítica como de retrovisão) deste caso no qual o comportamento da natureza foi tão definitivo,

enquanto o nosso tão pobre, e sofrível apenas por mero acaso. Seria lamentável se diferentes "escolas" seguissem seus próprios caminhos, indiferentes às vantagens comparativas das demais, e, principalmente, com grande lástima, indiferentes quanto à necessidade de se ajustar ao único ensaio válido, que é melhorar técnica e economicamente as soluções de projeto para a sociedade.

Aterros Experimentais de Kuala Lumpur K.L., 1989.

O desafio de previsão Tipo A, neste caso, foi melhor orientado com respeito a decisões típicas de projeto. Primeiramente, a altura limite até ruptura, necessária para um critério de rejeição da decisão sobre a probabilidade de ruptura $PF\%$; em segundo lugar, para as situações consideradas além da altura aceitável com seu risco, o desafio para as Empresas especializadas em tratamento do terreno (consultores, empreiteiros especializados, e fornecedores de produtos patenteados) a de projetar e conduzir tratamentos alternativos para atender a critérios de desempenho bem definidos de magnitudes e velocidades de recalque evitando regularização da superfície de vias expressas mais de 2 vezes ao ano (por experiência de pavimentação, limite de recalque de 100mm em 2 anos após entrega da obra em funcionamento).

Muito louvável é o fato de que foram publicados os custos, esse indispensável segundo esteio da engenharia além da competência técnica especificada. A propósito, submeto minha dúvida de que na minha ampla cobertura de publicações geotécnicas mundiais nos últimos 40 anos, pouco mais de 2 ou 3 trabalhos em mil tenham mencionado a palavra custos: uma observação depreciativa.

O tratamento incluiu injeção eletroquímica, sanduíche de areia, pré-carregamento, reforço com geogrelha e drenos verticais pré-fabricados (duas empresas diferentes), pré-carregamento com ponteiras, eletro-osmose, estacas centrifugadas protendidas, estacas de compactação de areia, pré-carregamento a vácuo e drenos verticais pré-fabricados. Nenhuma menção posterior será feita aqui sobre esses tratamentos a não ser que (1) as dispersões, e as novidades abundantes e precipitadas estejam onerando a sociedade com a conta inevitavelmente muito maior de rupturas mais freqüentes e comparações disparatadas, (2) mais de 50% dos casos tenham

resultado em ruptura durante a seqüência de construção ou foram abandonados³, (3) os dados de custos permitam comparações reveladoras e chocantes. De qualquer maneira, apesar das falhas e deficiências que ocorreram, a fim de evitar um aumento das dificuldades e confusões, adoto, como objetivo presente, os tratamentos de reforços como “perfeitos, sem riscos” e, cada um com seu custo mínimo como foi publicado nos anais.

Na Fig. 10 apresento as curvas comparativas de distribuição probabilística e diagramas de barra da altura da ruptura prevista/observada como relações, para comparação. A partir do melhor ajuste da distribuição de Gauss, parece ter havido no decurso dos 15 anos uma ligeira melhora no objetivo acadêmico de coincidência da mediana com 1.0, e isso também em qualquer critério de rejeição de decisão típica de projeto (ex. 20% de probabilidade cumulativa de risco de ruptura). Entretanto, essa impressão precisa de correção.

Os resultados desse marcante caso geotécnico adicional já foram adequadamente resumidos e discutidos. Para meu propósito de visualizar os avanços da profissão derivados dos elos históricos e de suas reavaliações, os comentários geotécnicos são minimizados, enquanto que as implicações de custos para a sociedade exigem ênfase:

a) a densidade de campo do aterro (dada como associada com percentual de compactação de 91-100%) mereceu mais atenção: 365 ensaios produziram média de 2.04 t/m³, ainda com uma dispersão de aproximadamente 9%. Os parâmetros condicionantes da resistência do aterro foram ainda oferecidos em termos de tensão efetiva, não obstante os muito baixos valores de tensão e o solo CH argila arenosa de $16 \leq h_{at} \leq 18\%$ e máximo $1.75 < \gamma_d \leq 1.83$ t/m³. Os prognosticadores foram advertidos quanto às discrepâncias e baixa credibilidade dos parâmetros de resistência ainda que determinados a partir das amostras de bloco.

b) mais uma vez, nenhum comentário sobre as qualidades de amostras altamente erráticas, sensibilidades, curvas tensão-deformação, etc., sendo os resultados de ensaios tirados tais como registrados. Por sinal, com as batismalmente abençoadas

³ Isto deveria ser reconhecido como anormal em vista do princípio de que geralmente uma boa solução criativa deveria ser superabundante em suas realizações a fim de ser observada e usada cada vez mais. A explicação para a exceção é simples; por um lado as soluções pairam em torno das indeterminações “próximas de zero”, visando competitividade econômica; por outro lado, foram soluções subconscientemente impregnadas por interesses mercadológicos.

amostras de parede fina deveríamos reexaminar se, quando usadas em grandes comprimentos, o propósito da amostragem com o mínimo de perturbações de tensão e deformação não está sendo disfarçado sob uma incumbência-índice de controle automático de variações de comprimento, por alterações internas compensatórias de tensões e deformações. A atitude de aceitar "dados" tais como registrados se estende aos registros piezométricos de hidrogeologia inexplicada, e essencialmente todos os parâmetros. Remotamente distante do conceito de que todos os dados estão sempre errados, possivelmente em diferentes graus, dentro de valores estimáveis de viés e dispersão! Por exemplo, é difícil pensar em perfis de resistência "média" in situ quando a maioria das determinações somente tendem a diminuir resistências sensíveis: os efeitos de amolgamento ocorrem em tendências lógicas concomitantes em cada amostra, afetando sensibilidade St , Su , % no pico, e pressão de pré-adensamento σ'_p .

Um item especial deve ser devotado a equívocos e questionamentos lógicos a respeito de muitas práticas implantadas por renomadas autoridades e firmemente enraizadas, irredutíveis por ajustes estatísticos.

c) Nota-se que uma proporção razoável das análises enfatiza a importância da resistência de "coesão" do aterro, até o caso de uma postulação extrema pelo qual além de uma certa altura do aterro o FS permanece constante porque cada camada adicional incorporaria exatamente a força resistente adicional para compensar o incremento instabilizante. O fissuramento do aterro também é mencionado. Ora, note-se que a coesão da camada acrescentada não é obtida por varinha mágica, ocorre levemente retardada com relação ao peso adicionado, fator instabilizador.

A principal conclusão tirada das análises submetidas é a confirmação da tendência (esquemáticamente postulada na Fig. 3) das crescentes dispersões de métodos e parâmetros que se difundiram pelo mundo, mesmo em problema profissional tão continuamente repetido. Exatamente como exemplos opostos observa-se que em um caso a preferência é dada às resistências à compressão simples (a prática de mais ou menos 1945, mas com qual amostragem-manuseio?) ao passo que em outro, o sucesso está fragilmente vinculado ao sempre ilusório parâmetro in situ $K'o$.

Não é surpresa que mais uma vez a distribuição probabilística de conhecimento foi algo pessimista-prudente, e muito dispersa, ao passo que o comportamento da natureza repetiu essencialmente (na posição do ensaio) a condição de ruptura com precisão, quase determinística, com apenas alguns fissuramentos longitudinais no dia

anterior. Incorporando alguma inevitável pequena dispersão (desconhecida, em qualquer parte do mundo, devido à abordagem dominante simples determinística do tipo rompe-não rompe, que é mais lamentável para o progresso da engenharia) ao longo da longitudinal, e adotando a realidade da construção do aterro subindo camada por camada, passamos agora para a lição principal a ser tirada na reapreciação deste caso. As Figs. 9 e 10 foram preparadas com base nos custos publicados, não para serem discutidos, mas aceitos como nominais e quantitativamente comparativos. O método de análise deriva diretamente do uso de critério de truncamento de rejeição na curva de distribuição de frequência de probabilidade (cf. Dr. Mello, Terzaghi Oration, New Delhi, 1994).

Por simplicidade⁴ na computação dos custos nominais comparativos adotamos a hipótese de que qualquer reforço específico é “perfeito, sem risco”: o mesmo é aplicado, muito mais justificadamente, à hipótese de reconstituir qualquer trecho rompido mediante aterro simples adicional, tanto quanto necessário como uma berma, e o restante para reconstituir a altura do aterro.

O aumento dos pessimistas prudentes, de 70% em 1974 para 77% em 1989, representa um acréscimo de custo para a sociedade (cada empreendimento emprega um projetista, quer dizer, uma decisão, não a média de 30 opiniões). Se o projetista concluiu que a altura de ruptura é, digamos 3.5m, ele realmente usaria um FS (digamos 1.25) limitando seu projeto para aceitação de 2.8m sem reforço; todo o volume remanescente do aterro mais alto é forçado a usar algum reforço mais caro (Fig. 11). Entretanto, pelo lado conservador e pela simplicidade, podemos assumir que decisões de projeto similares resultariam de uma curva de distribuição de decisão sub-paralela a $FS = 1.0$ que é análoga à curva de distribuição alcançada pelas 30 previsões⁵ almejando acertar na mosca da média coincidente de previsão de ruptura = realidade.

Ao longo de um aterro extenso de elevação gradualmente aumentando, os comprimentos dos trechos armados, ou não, irão variar de projetista a projetista. Entretanto, no presente estamos bem documentados para imaginar um caso de um

⁴ As situações mais complicadas são bastante diretas, porém longas, fugindo do objetivo desta apresentação, de enfatizar princípios.

⁵ Na verdade estamos discutindo uma condição utópica de probabilidades de decisão coletiva de nossa comunidade mundial. Infelizmente, na realidade, desde que cada cliente tende a confiar somente em um projetista por vez, e cada projetista tem sua tendenciosidade mais a dispersão (a primeira muito mais dominante devido à falta de casos repetitivos para sintonia), o projeto mais anti-econômico resultaria do pessimista mais prudente.

longo aterro (digamos trecho de 1000m) de uma altura constante de 6m, para o qual os custos de soluções reforçadas, presumidas perfeitas (sem risco) se originaram da combinação do pessimismo variado (maior intensidade de reforço) mais os custos dos serviços especializados (Fig. 11).

Enquanto nos concentramos em assuntos ligados ao local e métodos a,b,c. etc. vs. k, l, m, n, etc., o que deixamos de perceber é que a informação mais importante, que é a curva de distribuição da natureza (neste problema) é o que não temos (mas o "projetista experiente" com muitos casos repetitivos começa a sentir se os propulsores desenvolvimentistas do Ensino Superior permitirem usar o mesmo método muitas vezes). O mais importante ensaio de aterro seria enfrentar um longo projeto com otimismo (ou as repetidas tentativas tipo C disfarçadas). Imaginemos tal tentativa, assumindo uma curva razoável de distribuição normal ND como mostrada na Fig. 12a, e uma dispersão diferente sobre ela.

Se estamos lidando com um otimista ao longo de 1000m de comprimento de um aterro de 6m, numa curva ND(I) de desvio padrão 10%, teríamos 5%, 20%, 30%, etc... de probabilidades cumulativas de ruptura ao alcançar alturas de 4.7, 5.2, 5.4m respectivamente. Deve-se enfatizar que esse risco é instantâneo, e vale a pena corrê-lo porque a estabilidade somente aumenta subsequente com o tempo.⁶ Os dados da ruptura de K.L., 1989, foram de uma ruptura alcançando altura de 5.7m ao longo essencialmente de todo o comprimento reduzido do aterro. Isso foi considerado como indicando razoavelmente uma média ($\approx 50\%$) de probabilidade de ruptura. Tendo o aterro sido de um comprimento muito pequeno, essa probabilidade de ruptura pode ter sido menor, mas tal suposição estaria do lado conservador para nossas conclusões.

Para o fim de simples comparações de custos, supomos que a) o aterro sobe em camadas de 0,2m simultaneamente ao longo do comprimento total de 1000m; b) os comprimentos de ruptura fisicamente viáveis são $\geq 50m$; c) o abatimento da crista será $(1/3) H$; d) os volumes para reconstituir qualquer trecho rompido incluem completar o soerguimento para constituir uma berma de 2m de espessura, mais o volume para reconstituir o greide, e) uma seção rompida reconstituída é livre de riscos para a altura adicional exigida; f) os dados ND continuam a se aplicar para os trechos remanescentes

⁶ Considere, em comparação, o risco a curto prazo que qualquer engenheiro de barragens tem de aceitar em uma enacadeira e desvio, e reflita como temos traído os princípios da engenharia civil.

não rompidos; g) o custo por metro cúbico de aterro para reconstituir as seções rompidas está entre 5 e 2 vezes o custo inicial do aterro.

O custo de tal ensaio de construção de aterro “desavergonhado” e não Bayesiano é apresentado na Fig. 12b. A conclusão deveria ser absolutamente surpreendente, porém, irrefutável: a aceitação de até 45-60% de probabilidade de ruptura a grosso modo coincide em custo com o mais barato dos tratamentos de reforço, perfeitos, sem risco. Em outras palavras, não estamos propriamente falhando em otimizar a engenharia para a sociedade, enquanto realmente minimizando o custo de nosso prestígio a consideráveis expensas para a sociedade? ⁷

O valor desse tal ensaio físico (como foi mentalizado acima) para determinar ND é absolutamente inestimável, e a um custo muito baixo. Acima de tudo, ao longo dos quilômetros de fundação de argila razoavelmente adotada como uniforme (universo estatístico fixo), não importa quanta sofisticação é incrementalmente introduzida para o progresso da ciência geotécnica; o princípio inicial é que o grosso da investigação deve ser lógico, simples e utilizável muitas vezes, e a monitoração basicamente dos fatos flagrantes na escala da engenharia.

Os detalhes resumidos nesses dois exemplos de casos de aterro sobre argila mole têm sido persistentemente reafirmados, em vários concursos de previsão de fundação também, com relação a algumas lições conceituais fundamentais. Sugiro que os raros e caros ensaios em protótipos e os Concursos PREVISÃO vs. DESEMPENHO mereçam uma inquirição crítica.

T.W. Lambe, em sua Rankine Lecture, 1973, corretamente enfatizou as preferências por previsões Tipo A, e levantou alguma possível (e muito freqüente) suspeita contra as de Tipos B (realmente a base do Método Observacional de ajuste de projeto) e C1 (“alguém deve suspeitar quando o autor usa as previsões Tipo C1 para provar que qualquer técnica de previsão é correta”). Simplificações, e equívocos sistemáticos lamentáveis destas propostas, junto com a psicologia de buscar louros em uma olimpíada profissional, têm feito um grande e crescente mal à nossa profissão por causa dos concursos diferentes, singulares e episódicos. Nossa profissão fia-se

⁷ Obviamente, deve ser reconhecido que prestígio também tem seu “valor” fundamental para ser preservado, inclusive pelo bem da sociedade. Deveria haver um esforço harmonioso da comunicação educacional para conduzir a sociedade a reconhecer na raiz que engenharia não é o certo-errado determinístico, e que em tais problemas de custo de risco próximo de zero, mudanças radicais de atitudes devem ser implantadas nos clientes, mídia e sociedade.

integralmente em um ajuste paciente e progressivo de estimativas em direção à realidade de dispersão apertada, com custo e perda incremental minimizados por ajustes de probabilidade Bayesiana anterior-posterior.

Qualquer condição Tipo C pode ser reestabelecida como um caso Tipo A renovado, simplesmente tornando o caso existente anônimo, com todas as características de identificação bem alteradas (sem alterar a essência dos dados geotécnicos), e com o resultado-fim mantido em segredo.

Além disso, se estamos honestamente procurando avanço sistemático de nossa tecnologia, existem argumentos irrefutáveis para reapreciar muitas e muitas vezes os casos de campo Tipo C, assim transformados por disfarce e anonimato, em previsões Tipo A e casos de ensaios de projetos repetidos periodicamente, no mesmo comportamento natural documentado.

Em qualquer processo para nos ajustarmos a um objetivo (por sucessivos ajustes assimétricos Bayesianos de probabilidades anteriores a posteriores de melhorar a pontaria no centro do alvo, bem como apertar a dispersão em torno do alvo pontual), a obrigação inicial é de manter o objetivo bem definido fixo, idêntico. Em princípio, diante desses casos há 4 ensaios principais envolvidos: 1) o comportamento da natureza, indelével, um recurso inestimável como a jóia de uma coroa, o diamante da esperança, não só por causa dos altos custos já dispendidos mas muito mais por causa do tempo transcorrido irrecuperável; 2) nossa capacidade de investigar e observar, variável; 3) nossa capacidade de analisar, prever e decidir com confiança justificável equivalente em nossos resultados e decisões conseqüentes; também variável com o tempo; 4) nossa capacidade de nos educarmos, mensurável pela evolução sistemática de procedimentos melhorados, cada vez mais amplamente aplicáveis e convincentemente aceitos. É na verdade uma crítica a nós, que em uma profissão muito privada das conveniências de ensaios em escala adequada de modelo e protótipo, e em um mundo dominado por mais de 50 anos pela “cibernética” de rápidos refinamentos de escolhas tipo sim-não, não tenhamos absorvido em nossas entranhas (cf. Terzaghi) a lição dessa evolução Bayesiana da experiência.

Na verdade, somos obrigados a concluir que tendo falhado em tirar lições psicológicas e sociológicas dessas tentativas de campo do Tipo A, as quais obviamente tiveram de dar resultados frustrantes e dispersos, o efeito líquido tem sido desfavorável

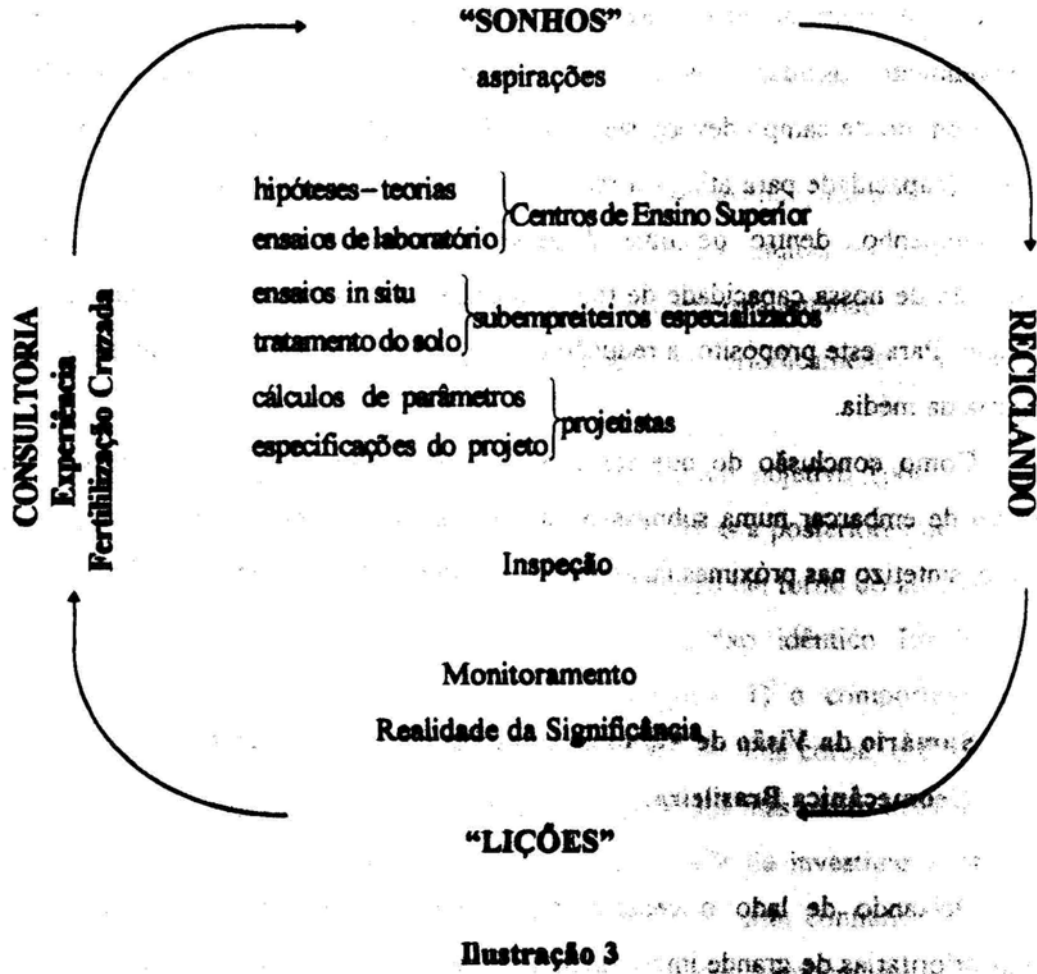
e prejudicial ao serviço da Engenharia à Sociedade. O incentivo pela busca da solução da “pedra filosofal” científica, o complexo eureka, tem sido somente estimulado pela inabilidade exposta. Mais fácil, e mais atraente de atenção, do que trabalhar para aperfeiçoar gradualmente nossos instrumentos, parâmetros e métodos, tem sido apressar a abertura de propostas mais inovadoras e elusivas, cada uma e todas inevitavelmente nascidas nuas e cruas. Deveríamos enfatizar que toda tentativa de vulto de ensaio de campo deveria ser usada não somente como um caso de desafio de previsão (capacidade para atingir a média prevista numa equivalência com a realidade do desempenho, dentro de uma dispersão mínima) porém, ainda mais, como verificação de nossa capacidade de tomar decisões de projeto com boa relação custo-benefício. Para este propósito, a redução da dispersão é muito mais vantajosa do que a melhoria da média.

Como conclusão do que foi exposto acima sobre nossas fraquezas, com o objetivo de embarcar numa submissão mínima de uma mensagem local a meus caros colegas, sintetizo nas próximas ilustrações 3 e 4 alguns dos pensamentos-chave.

Sumário da Visão de Algumas Questões Chave que Afetam a Geomecânica Brasileira.

Deixando de lado o cenário internacional igualmente importante, quantas tarefas prioritárias de grande importância técnico-econômica à Geomecânica Tropical, e para nós, chamam por exames, reexames e possíveis drásticas revisões!? Tempo e espaço forçam-me a anotar, muito rapidamente somente alguns pontos que para mim parecem requerer revisões radicais considerando os 50 anos decorridos desde a promissora implantação da Geotecnia local (ex. reforço de fundação e congelamento de solo no prédio de 26 andares da Cia. Paulista de Seguros, na Rua Líbero Badaró, ver GEOTECHNIQUE, março de 1956, p.1-14). Alguns dos tópicos sobre fundações são descritos na Conferência ODAIR GRILLO, 1993.

**Esforços separados, mesmo quando bem sucedidos,
são estéreis/improdutivos para a Sociedade Global**



1. Geologia

Semelhante à...	}	Modelos de Estudo Admirador
Antropologia		do Passado, Valiosíssimo, Requerendo
Arqueologia... etc.		Reconstituições, Passivo

Análises Progressivas Contínuas.

2. Geomecânica → Ativa no Presente

Constituição de Futuro a Mini-Prazo.

Colocação Prudente Dentro da Trajetória Passada

3. Necessidades Atuais Radicalmente Revistas

A. Estancar Eurecas de Teorias

Abolir Casos Históricos Individuais

(cf. solicitação de Terzaghi, ICSMFE, 1953) Descritivos

B. Usar "Workshops" de Grupos de Casos

1. "Bem" Documentado. Anônimo

2. Preencher Dados Faltantes, Parâmetros, Variações

3. Discussão das Dúvidas das Alternativas

4. Pinçar Dispersões com Relação a Teorias

5. Revisar Práticas de Receituários

6. Foco Prioritário em Custos

Ilustração 4 - Perspectivas. Mensagem

1) As imprecisamente denominadas camadas terciárias de São Paulo têm repetidamente demonstrado ter sido retrabalhadas, profundamente erodidas e redepositadas. O caso da fundação mencionado acima sofreu de uma pequena erraticidade similar. Escarpas de erosão nas argilas rijas a duras são subverticais,

atingindo 10-30m (muito significativo para fundações e túneis). Além disso, tem havido desde o início (M. Vargas, 1951) uma terrível necessidade de confirmar e melhorar as correções de perturbação de amostragem e ensaio da época, e de corrigir a evolução erroneamente idealizada e simplificada dos níveis de sedimentação geológica baseada nas pressões de pré-adensamento edométricas. Pressões de pré-adensamento por sobrecarga em terrenos taludados, e com espessos horizontes superiores não saturados, nunca foram pesquisadas em profundidade. Da mesma maneira, assumindo que rios e riachos fossem marcados por fortes meandros, identificações geológico-geomorfológicas em milhões de anos têm sido tristemente desprovidas das quantificações mínimas em datações, traçadores de minerais raros, efeitos secundários e químicos de muito longo prazo (ex. limonitização), etc.

2) A geologia/geotecnia de solo residual e saprolítico ainda nem começou, apesar de repetidos apelos. Exemplos simples podem ser citados: a) Considerando as dezenas de milhares de amostragens por sondagens através de solos residuais, saprolíticos e maciços rochosos, o uso de ensaios-índice escolhidos e estudos estatísticos poderiam permitir uma notável economia por antecipação da petrografia do maciço rochoso subjacente, etc., baseado na mineralogia do horizonte sobrejacente; b) correlações estatísticas deveriam ser pesquisadas por meio de poços de inspeção, entre famílias de juntas em saprolitos e no maciço rochoso subjacente, diretamente de testemunhos e como exposto em escavações de obras; c) em muitos perfis em que o topo dos maciços rochosos historicamente erodidos é identificado por pedregulho basal grosseiro, o tempo de posterior desenvolvimento de horizontes saprolito/rocha alterada, por datação criteriosa, pode ser associado com a respectiva espessura; d) permeabilidades efetivas de horizontes de rocha alterada, quando comparadas com ensaios em sondagens (ex. Lugeon) deveriam ser estatisticamente confrontados com fluxos medidos em obras (idealmente modelados através de redes de fluxo presumidas); e) e assim por diante.

3) Na definição dos parâmetros de resistência ao cisalhamento e à tração que realmente intervêm nos problemas de estabilidade em saprolitos com juntas reliquias, jamais, por enquanto, para meu limitado conhecimento, têm ocorrido tentativas de pesquisa para distinguir entre comportamento de maciço e comportamentos

preferenciais ao longo dos planos (cf. DE MELLO, Hong Kong, 1972). Deve ser mais relevante do que anisotropias (imitando pesquisa acadêmica estrangeira).

4) Comparações de fundações rasas por sapatas de edifícios altos análogos ao longo de 40 anos (cf. Conferência Odair Grillo, 1993) demonstram que capacidades de carga usadas então eram muito maiores; e, com recalques (vários medidos, e, como é inevitável, geralmente estimados) de vários centímetros, os edifícios não apresentaram qualquer dano inaceitável. Por que as práticas de projeto e construção, esmeradas e mais dispendiosas, e os recalques limitados a milímetros (menos do que os efeitos térmicos e de fluência) progressivamente invadiram a indústria da construção de edifícios altos, e a que custos inexplicáveis para a sociedade? Quantas vezes os custos de manutenção e despesas indiretas dos edifícios devidas às deficientes instalações hidráulicas exponencialmente ultrapassam àqueles eventualmente devidos a danos provocados pela fundação? É esta a Engenharia Civil Global? Ou estamos nós, tipicamente, pagando o preço do bode expiatório, meramente porque temos sido muito mais avançados / honestos do que os ramos colaterais, e temos reconhecido / mencionado um problema, enquanto outros têm sido negligentes e reservados sobre os seus, muito maiores/mais obnóxios?

Devemos recuperar e digerir nossos dados históricos de um conjunto de edifícios altos sem precedentes construídos nas últimas 4 décadas, em que, por exemplo, a população urbana de São Paulo cresceu cerca de 12 milhões, e a população do Brasil pelo equivalente de mais do que a França e Espanha juntas.

Na verdade devemos refletir um pouco amargamente sobre porque alguns esforços como teses de doutorado (exemplo) sobre modelo numérico de deformação lenta de taludes naturais na Inglaterra / Canadá / etc. poderiam ter tido maior atração de prestigiosa sedução: e temos de agir, para reverter.

5) Fundações por estacas cravadas sob um exame mais acurado, e ilustrando importante reconsideração.

Alguns de nossos colegas mais promissores preparados com estudos de pós-graduação do primeiro mundo poderiam beneficiar-se do evento Prognosticadores vs. Desempenho da Audiência, no Embankment Challenge, M.I.T., 1974, para repensar suas atitudes em relação ao desenvolvimento efetivo de nossa tecnologia-arte. Não

existe o confronto teoria versus prática: e, se existe, é prática efetiva progressivamente avançando o que nós queremos, porque perante qualquer teoria deveríamos sempre confessar a qualificação pseudo-teoria.

Em qualquer estaqueamento, cravado ou escavado, a insistência acadêmica sobre as análises do comportamento baseadas nos parâmetros de tensão efetiva obtidos em condições perfeitamente indeformadas constitui vergonhosa hipocrisia devido a efeitos de instalação. Até agora as tímidas tentativas para incorporar tais complicações intuitivas como pressão neutra e as conseqüências do amolgamento-readensado têm sido muito tímidas... e muito compreensivelmente, porque o acúmulo dos dados de campo sobre o problema é, e sem dúvida permanecerá, um sonho ingênuo. Se raciocinarmos estatisticamente, nos últimos 50 anos, as intuições teóricas têm permanecido conhecidas, inalteradas: literalmente milhões de projetos de fundações foram feitos, cada um documentado com poucas sondagens em comparação com centenas de estacas,... na freqüente taxa aproximada de uma centena para uma. Quantos destes casos tiveram documentação colateral sobre os parâmetros de tensão efetiva e parâmetros intervenientes prioritários? Um em centenas de milhares? Por que, e quais as perspectivas de mudança de horizonte? Se realmente sentimos em nosso interior a importante atitude estatística em direção a avançar na análise e na prática, não é óbvio (dispensando a coragem) que deveríamos risonhamente deixar de lado a pompa das “soluções teóricas” do problema? Temos sido direcionados para o esquecimento de que na verdade os inícios rústicos do SPT e CPT foram concebidos como modelos para as estacas como protótipos?

Se tiver que duelar com alguém, nunca escolha a arma com a qual seu oponente é muito melhor: nenhum complexo de inferioridade pode jamais reparar uma decisão suicida de ser inferior. Os Centros de Ensino Superior propõem análises de tensão efetiva porque, na verdade, esta é a sua arma e, eles não têm acesso às centenas de casos respeitavelmente analisáveis na prática, e sabem que os profissionais não têm aquela arma. Somos aqueles que têm os numerosos dados sobre SPT (ou CPT em alguns países europeus), e sobre estacas cravadas, em nossos solos (localmente diferenciados). Isso torna nossos dados menos ou mais importantes? Isso torna as correlações estatísticas diretas e significativas de parâmetros globais complexos menos válidas do que tentativas indiretas para trabalhar através da “teoria”? Não nos lembramos, pela teoria dos erros, quão exponencialmente mais ampla se torna a

dispersão quando trabalhando em uma longa seqüência de parâmetros, principalmente quando nenhum deles pode ser razoavelmente conferido e revisado, já que quase universalmente a única comparação é com o resultado final global?

Duas correlações empíricas de parâmetro global entre SPT e comprimento de estaca cravada para atender a norma brasileira de capacidade de carga têm sido usadas com sucesso: os métodos de Aoki-Velloso (1975) e Décourt-Quaresma (1978). Na Conferência Odair Grillo eu aponto para as necessidades óbvias e métodos de atualizar as revisões, principalmente porque seus dados anteriores têm sido criticamente examinados por se referirem a cargas nominais de ruptura associadas a micro-deformações impostas pela antiga e ilógica norma: não é difícil, mas oneroso para a sociedade, ser correto por ser excessivamente prudente. As questões a serem feitas aqui são: 1) que tristeza que durante 15-20 anos, com muito mais dados (e seletivamente mais pertinentes), aqueles excelentes esforços não foram suplementados, revisados; 2) reveladora a não importância dada ao assunto, já que nunca foi feito um workshop local para discutir a questão; 3) quão triste e revelador que em nenhum outro país dos que utilizam sistematicamente o SPT, a sugestão não deveria ter sido tomada de desenvolver relações empíricas análogas, principalmente nos últimos 23 anos (cf. De Mello, 1971) a estatura do SPT corrigido-melhorado-promissor tem sido gradualmente reparada de bastardo para legítimo; 4) quão revelador que no caso colateral da análoga porém estática penetração por CPT, a tendência de análise teórica tem literalmente suprimido qualquer tentativa de correlações com parâmetros globais enveredando por análises teóricas confusas misturando resistências e deformabilidades.

O estarrecedor conservadorismo atual está demonstrado (na Conferência Odair Grillo) pelo fato de que a probabilidade de "ruptura nominal" de uma estaca cravada isolada ser atingida é de apenas 0,04%, para ser comparada com eventos tão catastróficos como o risco de enchente de 1:1000 a 1:10.000 para uma barragem e vertedouro. Que respeito desejamos ou merecemos?

6) Recalques tolerados e toleráveis, totais e diferenciais de edifícios.

As recomendações de Skempton-McDonald (1956) sobre as distorções limites para danos em revestimentos de edifícios altos, etc. (e subseqüentes pormenorizações de Bjerrum, 1963) chegaram, e foram observadas entre nós, consideravelmente depois que muitos edifícios em Santos tinham sido projetados e construídos, sob a pressão da

necessidade sociológica, para aceitação de limites muito mais elevados. O parque de edifícios de Santos, várias centenas, proximamente análogos, continuaram essencialmente com as práticas locais (tanto que os geotécnicos nem são mais consultados, há cerca de uma ou duas décadas). Muitos edifícios agora têm até 45-50 anos de recalques de longo prazo de 1m ou mais, freqüentemente com distorções acima de 1:50 ou mais. Não deveríamos reconhecer que para nós nacionalmente e para o mundo em desenvolvimento, isso é um incomparável laboratório estatístico de protótipos para reanálises, em comparação com o que a melhor das intenções internacionais se torna nanica?

Para nos livrarmos da castração da "autoridade", permitam-me começar citando autoridade vs. autoridade. A discussão de Terzaghi sobre o trabalho de Skempton-McDonald, grato marco histórico incluiu "a audácia com a qual os autores tiraram suas conclusões finais...Em vez de estimular o pensamento e a observação no difícil campo..., as conclusões parecem prováveis de provocar efeitos opostos". Na verdade, audácia em conclusões temporariamente aceitas é uma obrigação da Engenharia. O fato é que a fim de abrir o campo para reanálises férteis, evitando custo incremental desnecessário para a Sociedade, nossas conclusões deveriam se arriscar a serem otimistas, audaciosas para testar e observar, quantificar, os limites da pré-ruptura (pré-inaceitabilidade). Será que nós abrimos, fechamos ou esquecemos?

Se reexaminarmos abertamente a base de dados dos respeitáveis pronunciamentos, duas objeções iniciais sobre lógica se destacam, apesar de muitos outros questionamentos repetidamente mencionados. (1) a palavra "fundação" automaticamente evoca "subsolo": vamos adotar urgentemente o substituto "suporte". Os rígidos requisitos atribuídos às máquinas só se aplicam ao "suporte do topo-dobloco" e isso somente depois de a máquina ter sido ancorada e imobilizada. Quanto aos edifícios, observe que uma "primeira trinca em acabamento ou em paredes" não pode ser relacionada com "recalques totais", muitos dos quais podem ter ocorrido muito antes de as paredes ou acabamento existirem. O "suporte" do 15º andar é a estrutura completa até o 14º andar incluído. (2) ninguém pode estudar seriamente as regressões estatísticas de batatas e bostas, a êsimo dentro do universo das palavras iniciadas com a letra b. No âmbito da interferência grosseira da globalmente estimada rigidez (não simplesmente a nominal do engenheiro estrutural, mas também a que incorpora os painéis de paredes imbricadas) que é bastante específica para o país -

mercado - código do local, deve-se tirar proveito de certos edifícios, com recalques aceitáveis, para obter perfis do recalque no suporte de cada andar, cada edifício como um universo estatístico fixo (diferenciais parciais) de interesse investigativo.

Santos fornece condições incomparáveis de recuperação estatística de dados, mesmo que os recalques não tenham sido repetidamente medidos e as trincas monitoradas continuamente, porque desenvolvimento suave com o tempo permite uma reconstituição crível baseada em qualquer observação recente sobre recalques, e os efeitos perceptíveis das trincas devem estar registrados nas ações de manutenção do condomínio.

7) Análises de estabilidade de taludes corretamente aplicadas às condições de desestabilização.

Reapreciando contextos históricos, não se pode deixar de justificar e elogiar os métodos desenvolvidos da estática de análises de estabilidade de taludes (muito debatidos até fatores de segunda ordem). E os métodos persistem. Entretanto, exames dos desenvolvimentos colaterais têm exposto 4 falhas, uma muito grave que deveria ter sido corrigida radicalmente pelos meios facilmente disponíveis atualmente.

A principal questão é que por 2 sucessivas análises de estabilidade, antes (FS_1) e depois (FS_2) de um certo fator causador, o que fazemos é calcular $\Delta FS = FS_1 - FS_2$, o fator desestabilizante introduzido. Os princípios de significativa relevância das trajetórias tensão - deformação - tempo impõem esse raciocínio; além disso, sempre avaliamos muito mais precisamente as alterações que são provocadas ao invés do presumido status quo. A grave questão, entretanto, veio como corolário da estática de corpo rígido vs. ruptura: a presunção absolutamente ilógica de que, na ruptura, o FS do talude é exatamente equivalente a 1,00. Publicações de autores muito ilustres, do período em que o que estava em jogo era a confirmação dos métodos de análise, introduziram indesejavelmente e perpetuaram essa absurda equivalência numérica. O que enfatizo é que a ruptura corresponde a passar por $FS=1.0$ e não FS ser igual a 1.0. Além disso, por intuição parecia que a velocidade e deslocamento do volume rompido deveriam estar associados com a magnitude do ΔFS gerado e quanto abaixo de 1.00 o FS_2 alcança. De acordo com minha mensagem principal é óbvio que teremos que coletar dados estatisticamente: mas, para começar, alguém tem que olhar os casos com a devida visão.

A terceira e quarta questões podem ser secundárias em muitos solos e casos, mas nos casos de minhas experiências locais têm sido regra quase consistente. Um é o fato de que as rupturas de taludes tendem a ser cicloidais, subverticais no topo e subhorizontais na base, e não circulares: facilmente justificável pela ruptura por tração (no topo, principalmente em taludes mais extensos) a deformações bem pequenas, e com $\phi = ds/d\sigma$ decrescendo bastante com σ . O outro fator está associado com o mencionado acima, e corresponde à rejeição da premissa de corpo-rígido da ruptura simultânea no pico de tensão-deformação ao longo de toda a superfície de escorregamento. As condições de corridas de lama vs. acomodação calma do volume de escorregamento para um talude ligeiramente mais abatido (estável), deveria ser distinguível através dos comportamentos tensão-deformação-tempo, saturado-compressivo vs. não saturado-dilatante, e devem ser tratados distintamente.

8) Os esqueletos no armário de família, e nossa consciência profissional.

Como questão final eu me limito a mostrar algumas fotografias. Tenho observado essas evidências quase diariamente há décadas: e gostaria de saber por que tantos profissionais como nós vêem e não percebem, preferindo ler (principalmente em língua estrangeira) e prestar reverência póstuma. Taludes resistindo por limonitização da superfície, comparados com solos adjacentes rapidamente erodidos. Escorregamentos denunciados por árvores vs. instrumentação sofisticada. Na mesma aparente geologia, a comparação entre um volume que realmente escorregou e outros nas quatro fronteiras que são e continuam perfeitamente estáveis. O comportamento de espessos horizontes "porosos" não saturados, e como investigá-los tanto in situ quanto em laboratório, possivelmente recorrendo a fluidos não-molhantes para medir pressões neutras. As sucções efetivas, reais, no campo e como medir apropriadamente suas alterações, freqüentemente tão devastadoras em causar escorregamentos e corridas de lama sob chuva leve persistente vs. chuva forte. Tantos tópicos locais, órfãos de grande importância: não os notamos, a fim de adotá-los como verdadeiramente nossos?

As fotos apresentadas neste trabalho são lamentavelmente muito poucas e menos vívidas do que em uma rápida sucessão de slides coloridos. Esperamos que sirvam apenas como lembrete, para fisgar nossa consciência profissional.

Conclusão

O mundo precisa da Engenharia, e da Engenharia Econômica, mais rapidamente do que um brilho adicional da Ciência. A Engenharia Civil e Geotécnica estão desafiando e estimulando buscas por seu próprio mérito, e questionam seus falsos amantes que realmente cortejam teses de doutorado e publicações em geociências. Não é tanto pela transpiração e óleo noturno das teses de doutorado mas pelo suor e sangue das decisões profissionais no campo, tomadas, sofridas e corrigidas, que a prática da Engenharia Civil e Geotécnica é ungida. Num período em que o estoque do conhecimento escrito e as indiscriminadas memórias coletivas são multiplicadas, arquivadas e difundidas como nunca antes, o esquecimento seletivo se torna mais do que nunca um pré-requisito para a sanidade. Para melhor colocação do nosso ponto de vista, é imperativo que continuemos reexaminando nossas origens e reavaliando nossa meta de serviço para a sociedade. Nós nos afastamos imperceptivelmente de encontrar soluções adequadas a problemas significativos, para procurar refinamentos ilusórios de soluções, para encontrar problemas em soluções, e para procurar problemas em problemas. Quo vadis, Geotecnia? Como tem sido apropriadamente afirmado, ao longo da história do desenvolvimento, “a ilusão do conhecimento tem sido maior obstáculo do que a ignorância, e o sentimento do saber mais atraente do que o conhecimento”. A velocidade de mudança das soluções físicas (investigações, fundações, instrumentação, etc...) tem sido tão maior do que a velocidade de digestão de seus resultados efetivamente aplicáveis, que muitos efeitos finais são o solapamento de soluções analíticas adequadas, e Babel. Vamos nos precaver zelosamente quanto ao tempo irrecuperável e a pressa imperdoável.

NÓS, PROFISSIONAIS, IMPLORAMOS POR INOVAÇÕES MENOS RÁPIDAS E REVISÕES MAIS RENOVADAS DO QUE JÁ ESTÁ AÍ.

**“é agradável através das frestas da batida em retirada
espreitar um tal mundo; ver o redemoinho
da grande Babel, e não sentir a multidão”**

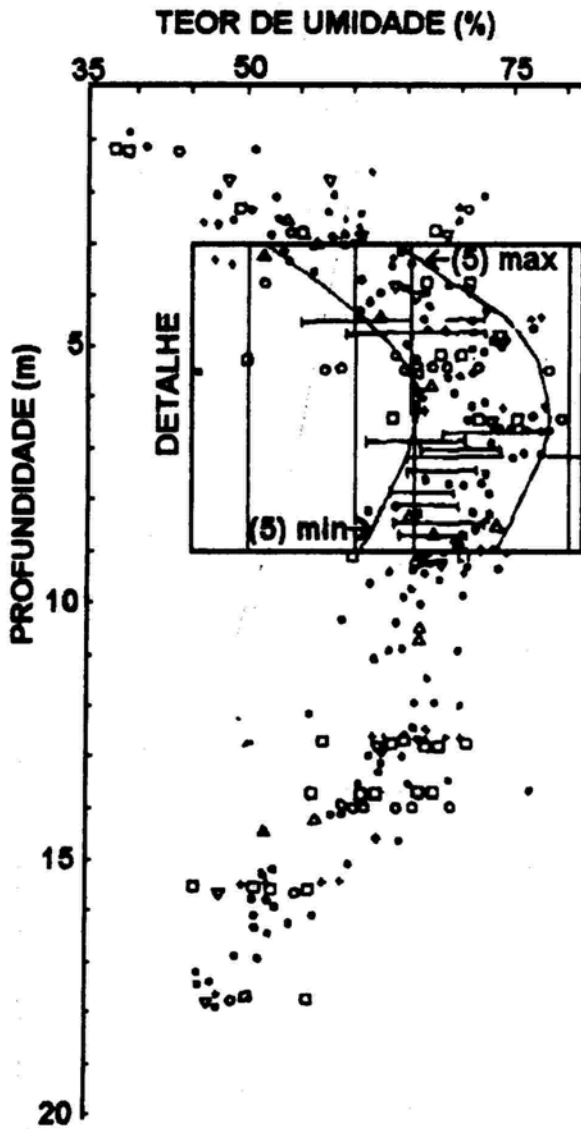
(William Cowper, 1731-1800)

**“Padre Mackenzie escrevendo as palavras de um
sermão que ninguém jamais ouvirá.
todas as pessoas solitárias, aonde pertencem todas elas ?”**

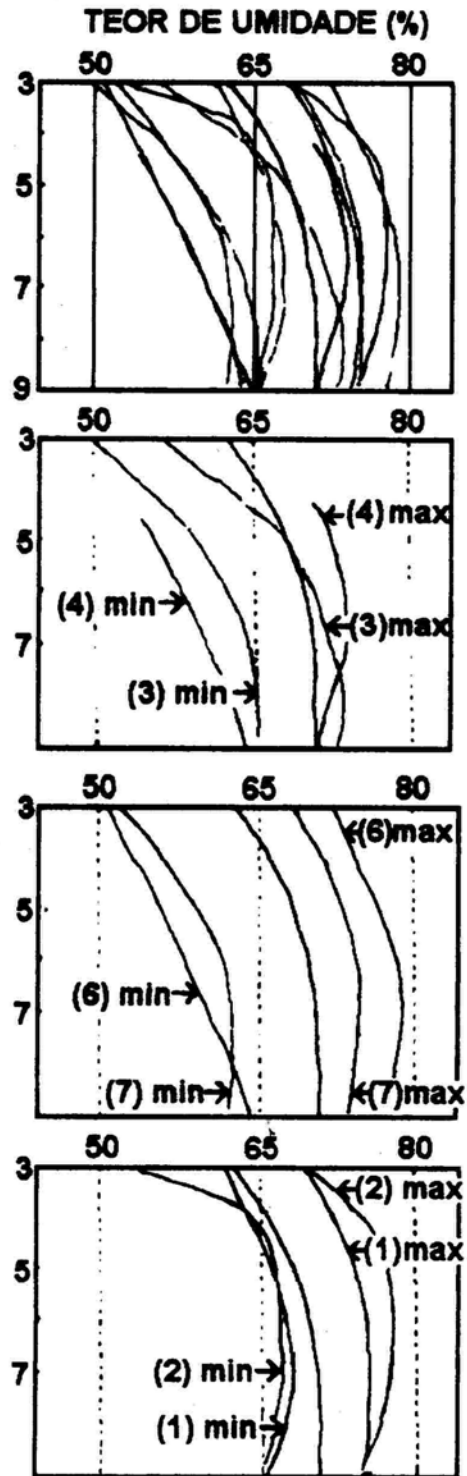
(John Lennon / Paul McCartney)

BOTHKENNAR CLAY

- ▽ OXFORD (1)
- + City (2)
- △ Glasgow (3)
- Surrey (4)
- BRE (on site) (5)
- Bristol PolyT. (6)
- Bristol Univ. (7)



DETALHE



GEOTECHNIQUE, Vol. 42 n. 2, JUN/92

Figura 1 - Extrema dispersão em simples ensaios de índices

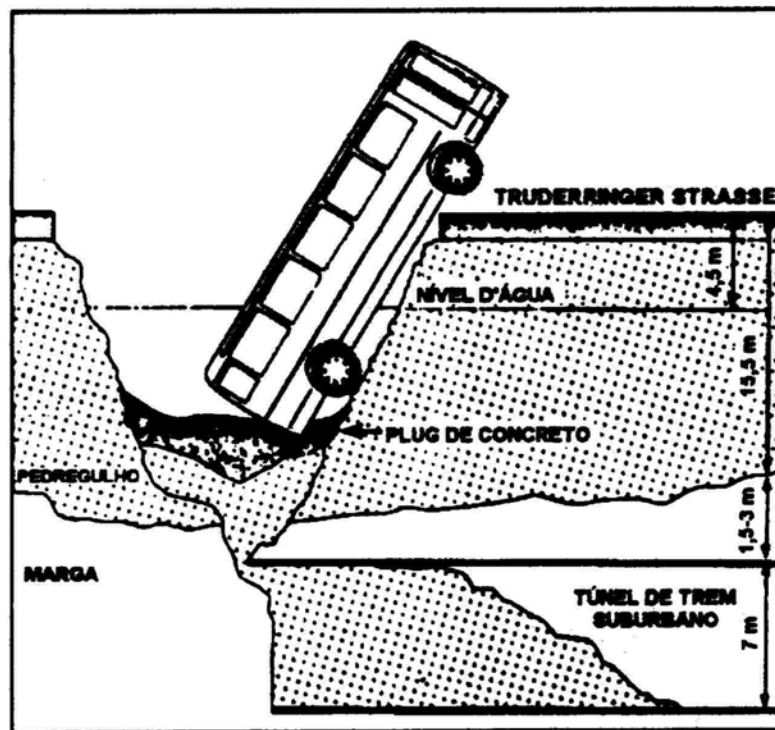


Figura 2 - Colapso do Metrô de Munique.

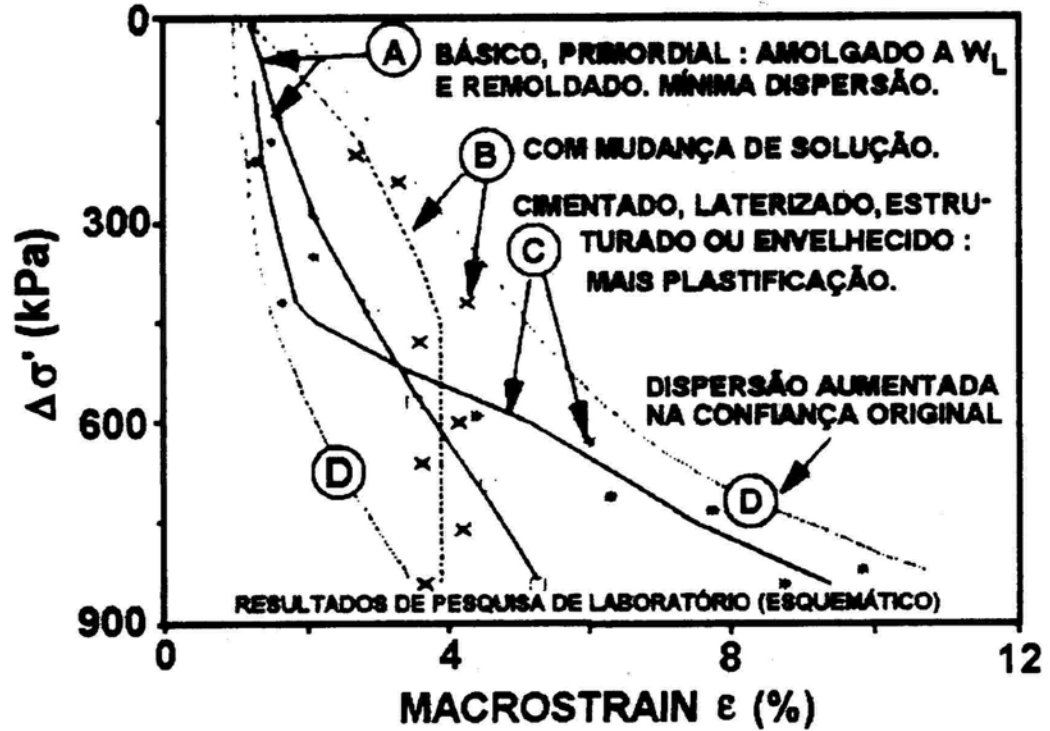


Figura 3a - O profissional não pode se sentir seguro de que fatores complicadores não ocorrem em seu caso, considerando variações de camada a camada, etc.

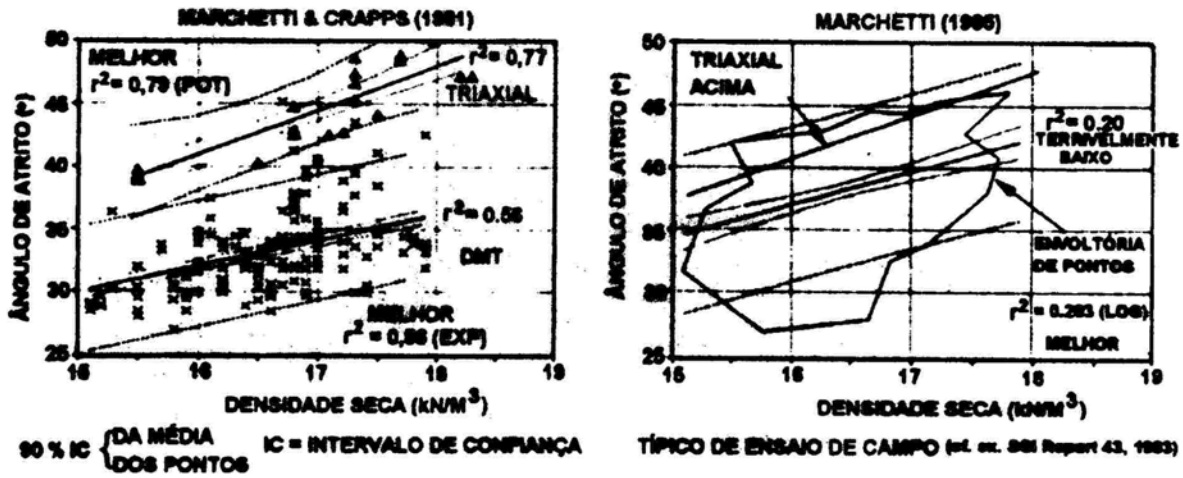


Figura 3b - Progresso e Dispersões Rapidamente Aumentadas na Geotecnia.

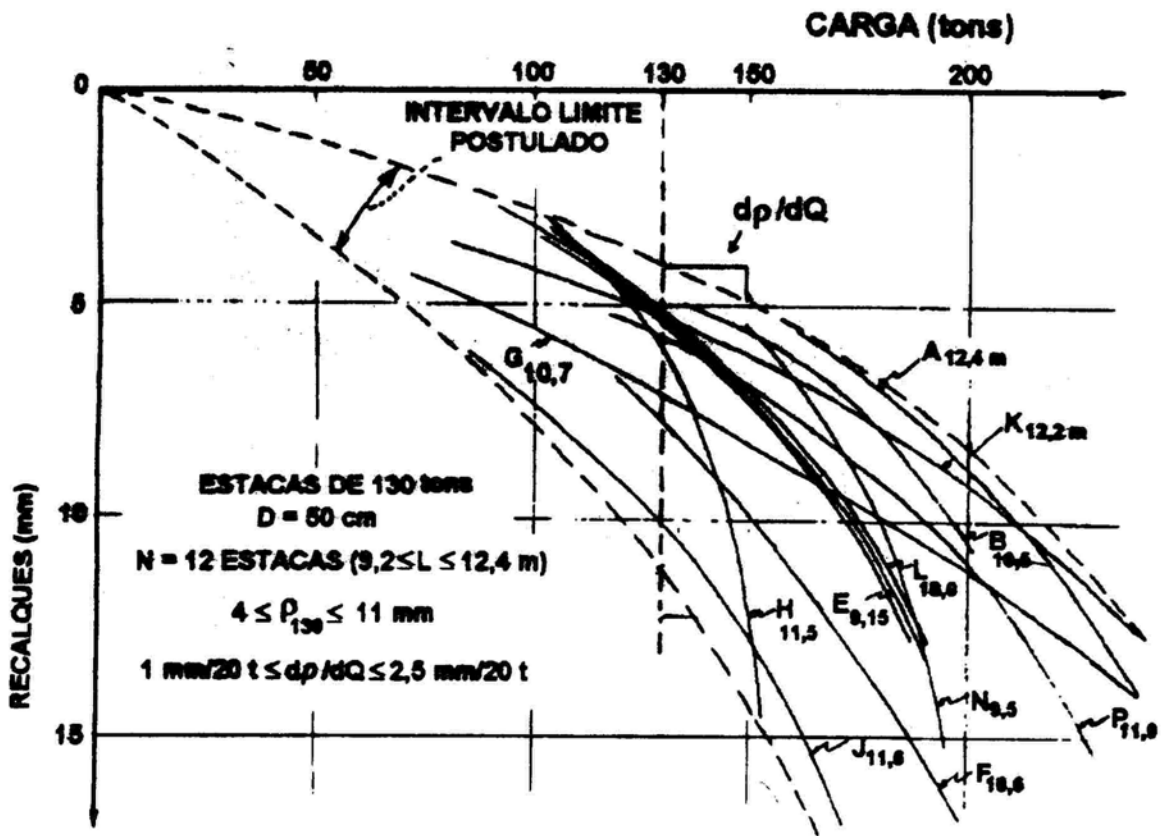


Figura 4 - Grande dispersão aparente em dados de carga-recalque.

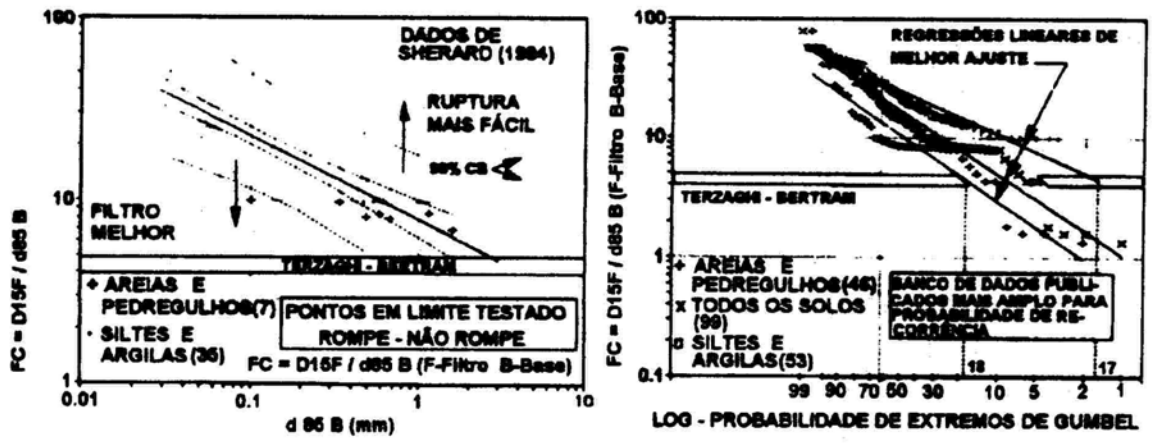


Figura 5 - Dados do ensaio de percolação em critérios de filtro vistos probabilisticamente.

Indicações em choque?

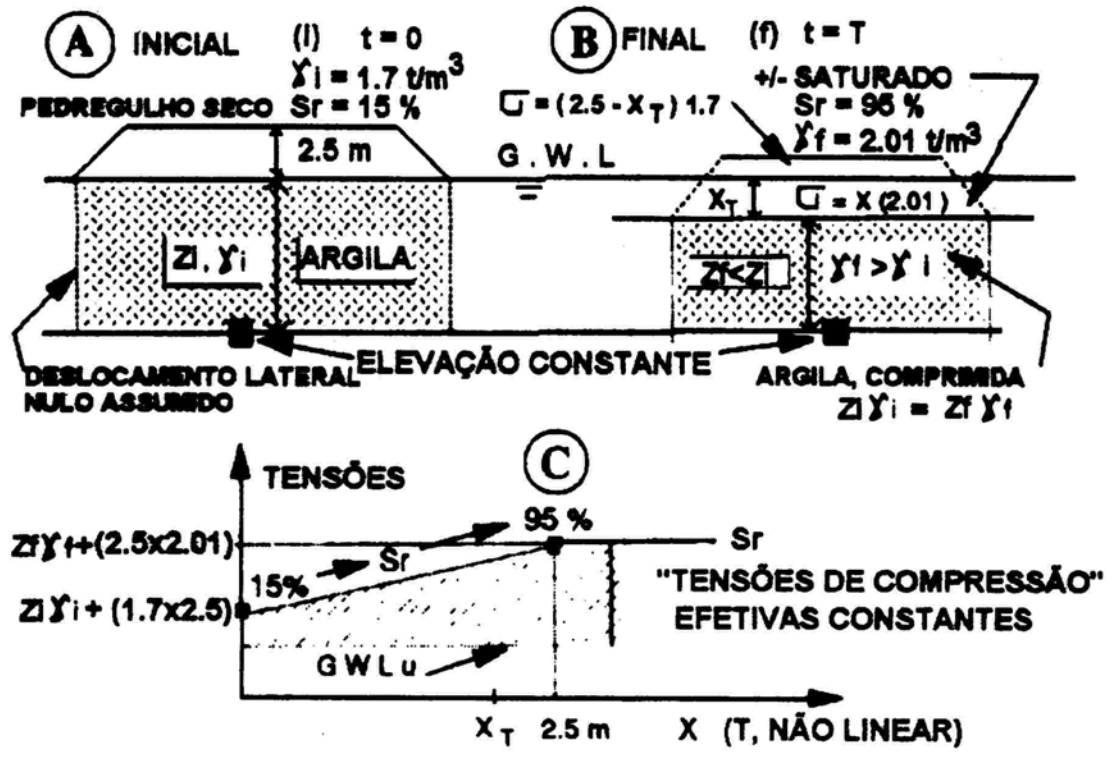


Figura 6 - Ensaio do aterro de Väsby, 1946. Cálculo da tensão aumentando e não diminuindo com o tempo.

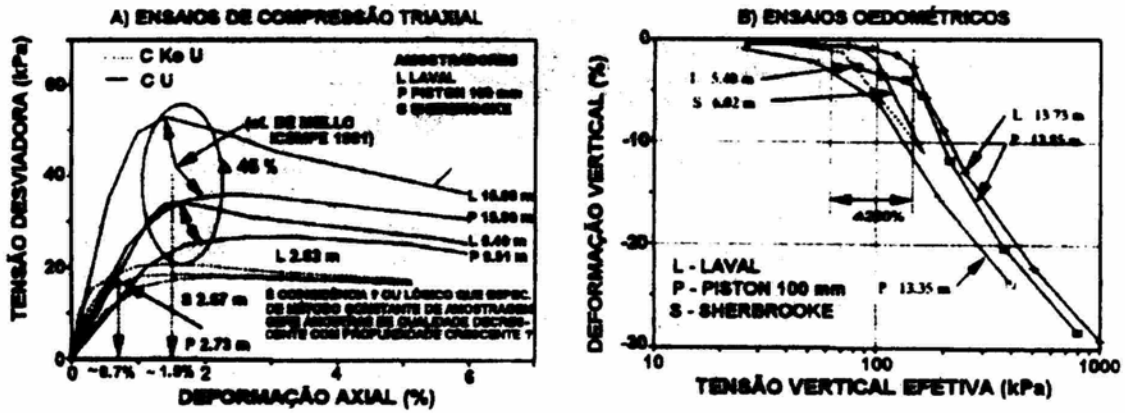


Figura 7 - Campo de ensaios especiais de argila mole Bothkennar. Exemplos de grandes diferenças dos melhores amostradores da atualidade.

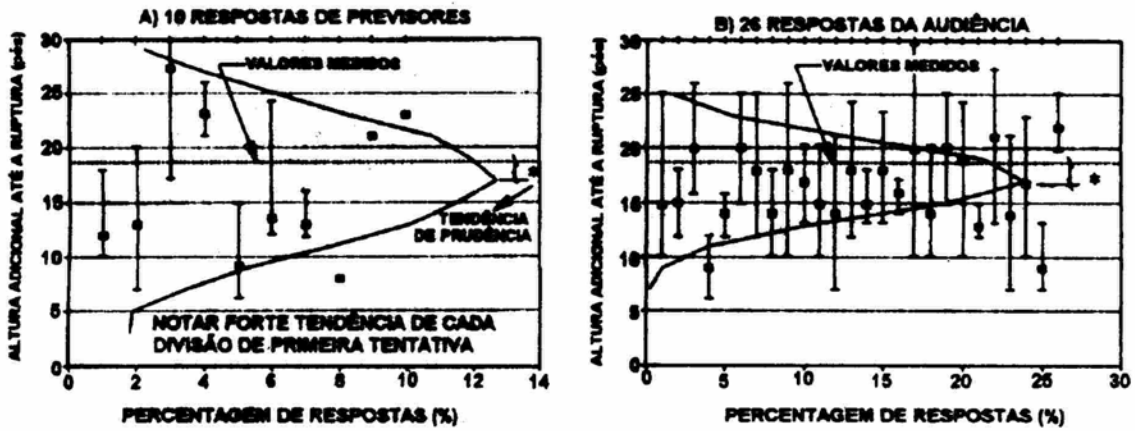


Fig. 8 - Concurso de desempenho de aterros - M.I.T., 1974.

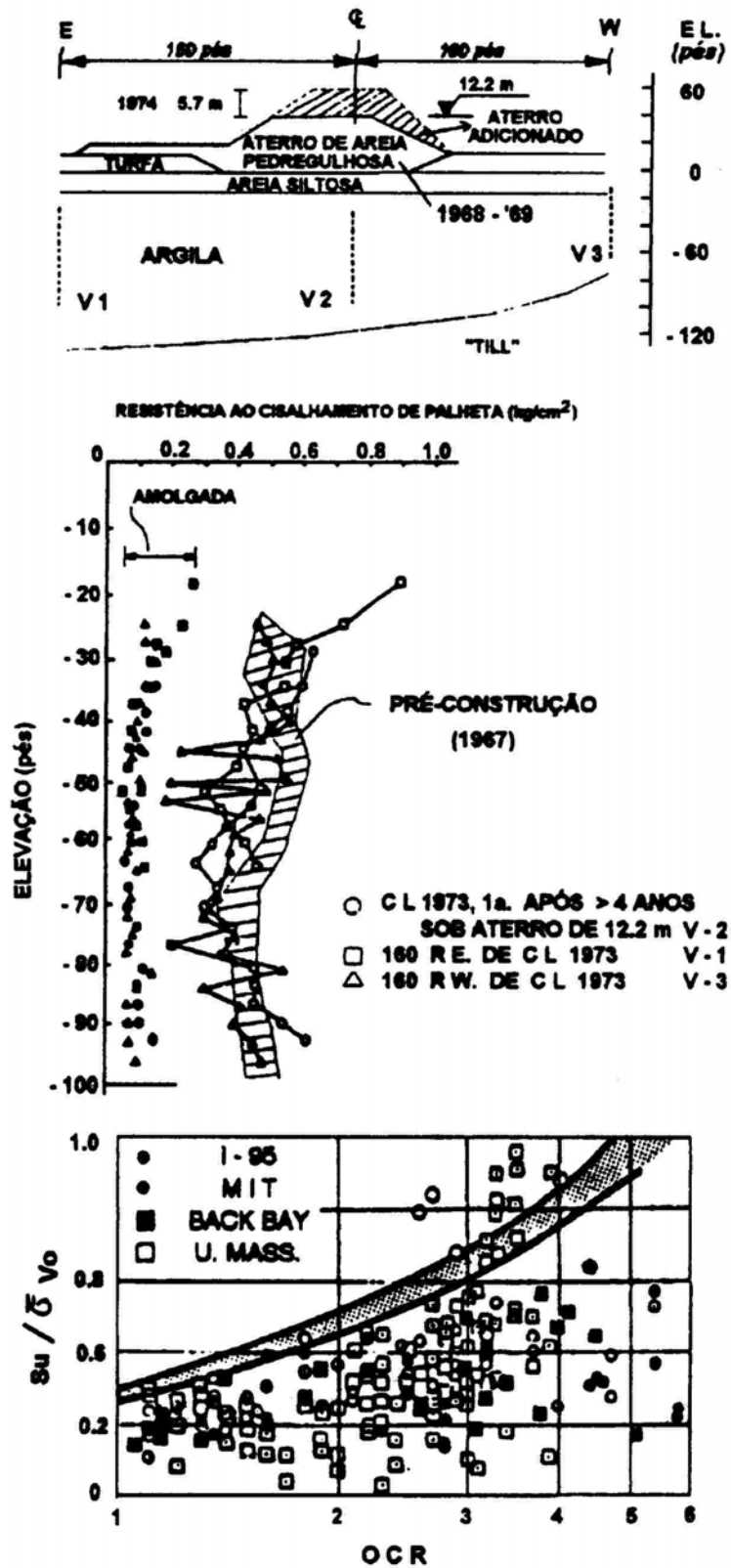


Figura 9 - MIT, 1974. Exemplos de extrema erraticidade de dados, alguns contrários à lógica.

Interferências do equipamento, etc., em grau incomum.

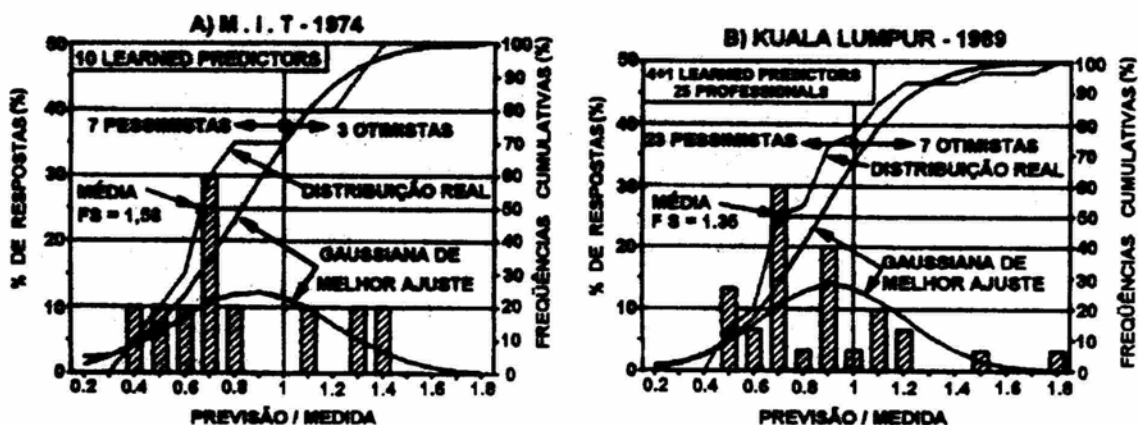


Figura 10 - Distribuição comparativa de respostas a dois concursos de desempenho de aterros.

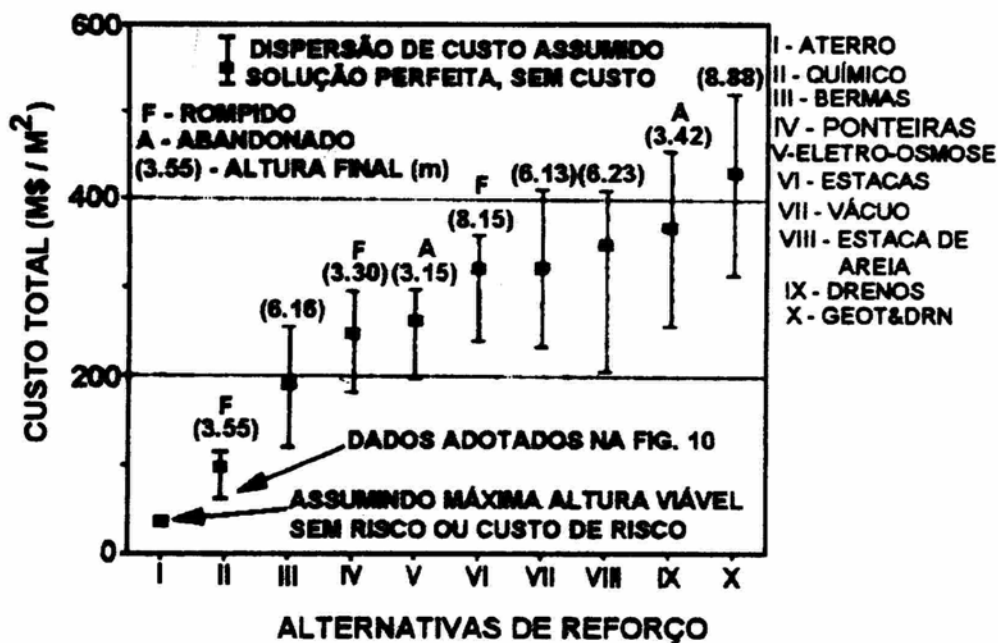


Figura 11 - Concurso do aterro de Kuala Lumpur, 1989: informação sumária.

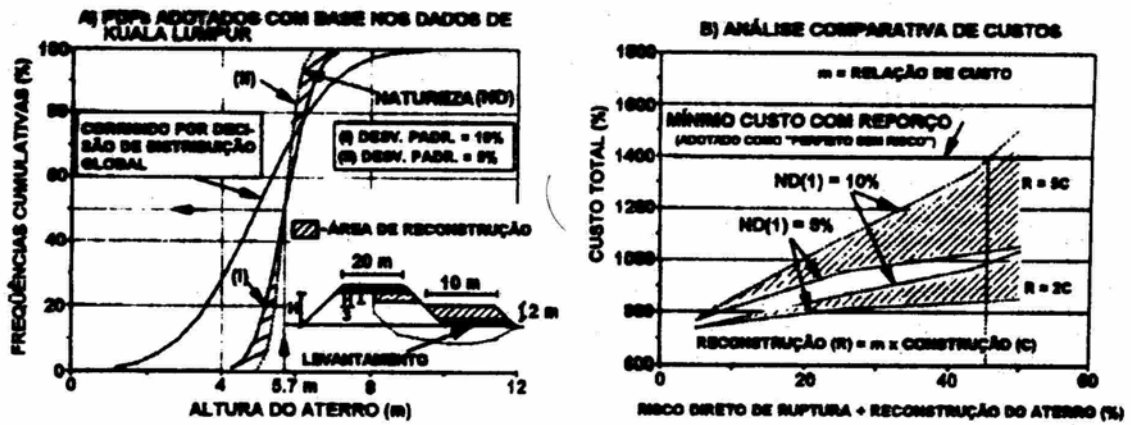


Figura 12 - Bases para análise comparativa de custos, mostrando grande vantagem de correções repetidas e otimistas de trechos rompidos.



Foto 1 - Evidência freqüente, perigosa em área urbana.
As árvores são inclinômetros estatisticamente válidos para
nossos perfis de solos que melhoram muito com a profundidade?
Qual o limiar do risco?



Foto 2 - A freqüente limonitização da superfície que desenvolve excelente proteção de talude:
quando e quão naturalmente? Como produzir artificialmente?



Foto 3 - Diferenciação geoquímica marcante.
Compensa investigar?



Foto 4 - Quão rara, na verdade, é a superfície de
ruptura circular? Indispensável revisão de análises.