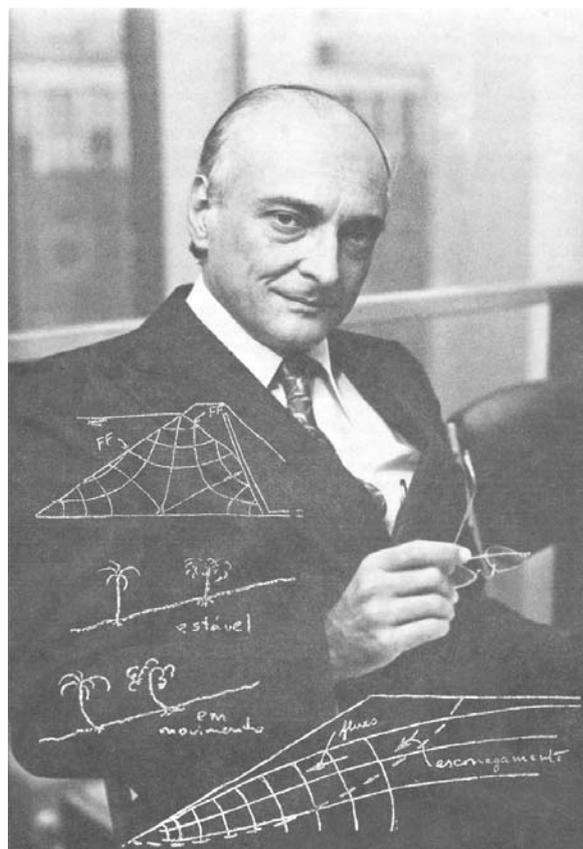


COMPORTAMENTOS DE MASSAS DO SUBSOLO E DE MATERIAIS TERROSOS-PEDREGOSOS CONSTRUÍDOS:

TALUDES, ATERROS, BARRAGENS, QUEBRA-
MARES; PRIMÓRDIOS, QUESTIONAMENTOS,
ATUALIZAÇÕES



Professor Victor F. B. de Mello

INTRODUÇÃO

A partir do ano 2000 o Prof. Victor de Mello iniciou a concepção do livro no qual pretendia resumir sua maneira de pensar, sua experiência e seu enfoque da geotecnia.

Impossibilitado de abranger todos os tópicos que pretendia em um volume único, concebeu 3 livros, focados na mecânica dos solos tropicais, em aterros e obras de terra, e em fundações e estruturas enterradas. Decidiu que atualizaria sua biblioteca somente até o ano 2001, pensando em deixar explícito na introdução dos livros que pretendia ter abrangido a bibliografia especializada somente até esta data.

Conflitando com sua própria maneira de ver a tarefa de escrever livros técnicos, pela qual seria em periódicos e *journals* um autor publica o fruto de suas pesquisas, e em livro o resumo e síntese destas pesquisas, sem abrir pesquisa adicional, dedicou-se a uma tarefa quase frenética de pesquisa, interação com colegas, e estudo de cada um dos inúmeros temas e tópicos que escolheu.

Praticamente colocou de lado sua atividade de consultor para disponibilizar mais tempo à pesquisa e escrita dos livros.

Infelizmente este processo intenso e rico foi interrompido inicialmente por problemas cardíacos que resultaram em 2 pontes de safena e 2 mamárias no início de 2005, e, em fins de 2005 com o início de um processo que, quando diagnosticado, foi identificado como sendo ELA, esclerose lateral amiotrófica.

A perda da motricidade decorrente desta doença o impediu inicialmente de escrever, e posteriormente de ditar. O trabalho foi interrompido pelo destino.

A enorme responsabilidade de divulgar o legado de uma personalidade da dimensão do Prof. Victor me levou a conversar com a família e com alguns amigos dele, e optar por tornar disponível o trabalho conforme deixado, sem tentar avançar ou concluir os inúmeros capítulos ainda incompletos do 2º livro, o primeiro ao qual se dedicava.

Ouvi de um deles que “algumas das mais bonitas sinfonias são inacabadas”.

Infelizmente, não houve tempo para o Professor se dedicar ao 1º nem ao 3º livro. Especificamente no que diz respeito ao livro que ora disponibilizamos os capítulos estão apresentados como o Professor os deixou ou como pudemos compilar suas diretrizes, os comentários que havia feito, a lista bibliográfica que acreditava estar associada a tal capítulo, enfim, o que ele realmente nos deixou de cada capítulo.

Acredito ser importante mencionar que interfaces e debates muito produtivos estavam ocorrendo entre o Prof. Victor e os Profs. John Burland, Michele Jamiolkowski, Harry Poulos, James Mitchell, William van Impe, David Potts, Gholamreza Mesri, Georg Sadowski, aos Engs. David Carrier e Paolo Mazzoni aos quais gostaria de agradecer o apoio em levar avante a tarefa de divulgar este trabalho da forma em que se encontra.

É importante também agradecer à equipe que o Professor manteve em seu escritório totalmente dedicada às pesquisas que o interessavam, na pessoa dos Engs, Raquel Quintanilha, Erica Sasaki, Ewerton Meirelles e Antonio Carlos Sobral. Após o diagnóstico de sua doença e o início da manifestação dos sintomas da doença os colegas professores da Poli-USP Cláudio Wolle, Jaime Marzionna e Waldemar Hachich deram apoio valioso, e os agradecimentos a eles também é importante. Não pode deixar de ser mencionado o enorme e contínuo apoio dado ao Professor por sua esposa Maria Aparecida Fernandez de Mello e por sua filha, minha irmã Lucia Beatriz de Mello Alessio.

Finalmente, é de extrema relevância mencionar que as empresas Construtora Andrade Gutierrez e Construtora Norberto Odebrecht, assim como a ABEF – Associação Brasileira dos Executores de Fundações deram importante suporte financeiro para que o Professor levasse adiante a tarefa, infelizmente não concluída.

Luiz Guilherme de Mello

INDICE

1. PREFÁCIO GENÉRICO, CONSIDERAÇÕES RESUMIDAS ENFATIZADAS, PERMEAR TODO O LIVRO.

CAPITULO FINALIZADO PELO PROF. VICTOR de MELLO

- 1.1. Livros tradicionais cujo teor se admite conhecido pelo leitor.**
- 1.2. Descobrimto inovador do Princípio das Pressões Efetivas de Terzaghi.**
- 1.3. Histórico justificado da Mecânica dos Solos. Determinismo matemático.**
- 1.4. Reversão para Probabilidades = f(Estatística); Azares e Riscos. Perspectivas conceituais férteis para avanços profissionais.**
- 1.5. Visão mnemônica dos fatores intervenientes nas obras civis.**
- 1.6. Solos caracterizados bifurcados, granulares e plásticos: parâmetros únicos intuídos nos primórdios.**
- 1.7. Inquestionável necessidade, estagna(da) ao longo dos 80 anos decorridos.**
- 1.8. Bases da razão, e da elaboração, de todo o conceito do LIVRO e TOMO – FASCÍCULOS 1 e 2.**
- 1.9. Pequenos conceitos contundentemente intervenientes a gravar para todo o sempre.**
 - 1.9.1 Rupturas são ditadas por Força (F)-Deslocamento.
 - 1.9.2 Cargas moles e duras.
 - 1.9.3 Erraticidades muito distintas, nos subsolos (solos in Natura) comparado com os conforme construídos na boa prática.
 - 1.9.4 Comportamentos reais ditados por deformação-controlada, inclusive tempo.
 - 1.9.5 Projeto-Obra representam SIM/NÃO de decisão/ação. Três Clientes.

1.9.6 Rupturas ensinam cenários: o proveito para qualificações probabilisticamente quantificantes é difícil.

2. PRINCÍPIOS INTRODUTÓRIOS DOMINANTES.

CAPITULO FINALIZADO PELO PROF. VICTOR de MELLO

2.1. Elementos Estatísticos-Probabilísticos para Reformas Progressivas das Práticas Profissionais da Geotecnia Convencional.

2.1.1 Introdução

2.1.2. Primeiro DESAFIO de PREVISÕES (PREV) vs. Resultados OBTIDOS (OBT) (DPO) Registrado: Histórico, Importante.

2.1.3. Outra DPO: Caso-tipo que se Repete, por Princípios Herdados dos Mentores Originadores.

2.1.4. DPO Adotado para Paradigma Ilustrativo. IMPCOL-CIRIA 1999, Estaca Tubular de Aço Cravada.

2.1.5. DPO Racionalizado: EP tanto de Previsões como de dados Obtidos de PCs.

2.1.6. DPO Instrutiva: 5 Sapatas sobre Areia. Vícios Dominantes nas Práticas Difundidas.

2.1.7. Itens Dominantes Sobre EP Aplicável sob Condicionantes Geotécnicos.

2.1.7.1 Familiarização Visual Comparativa da Configuração de Gaussianas de Nossa Faixa de Interesse.

2.1.7.2. Definições de PREC, ACU, FIAB e F.IG. Rechaços e Ressalvas. Descarte Proposto do Índice de FIAB.

2.1.7.3. Axiomas Fundamentais de Probabilidades que se Compõem, Regras Aditiva e Multiplicativa: esta para Aprimoramentos Qualificantes Quantificados Probabilisticamente.

- 2.1.7.4. Critérios de Rejeição ou Aceitação e Ps realísticas
REMANESCENTES.
- 2.1.7.5. A Estatística dos Extremos, Atendimento. Adjetivações
Sugestivas.
- 2.1.8. Buscas de Flexibilizar o F Determinístico de RUPT para Melhores
Aplicações EP. Registro, Críticas. Psicologia Interveniente em E. de
Decisões Audazes e Temerosas.
- 2.1.9. Velocidades e Acelerações de Aproximação da P da “RUPT” ou
Recalque Intolerável.
- 2.1.10 Anonimizações de DPOS, Global e Parcialmente para Extrair
Valiosos Aprimoramentos Quantificáveis Probabilisticamente.
- 2.1.11. Referências

2.2. Ditames Profissionais Clássicos Ilustrados à Luz de Regressões e Limites de Confiança.

- 2.2.1. Graus de ignorância progressivamente atenuados, expressos em
gráficos.
- 2.2.2 Interveniências nefastas de NORMs, CODs, ISOs, conforme
empregados.
- 2.2.3 Importância de Bem Cobrir o Campo do Interesse Específico EP.
- 2.2.4 Origem Respeitável Iludente da RUPT Determinística no $F \equiv 1,00$.
- 2.2.5 Pormenores Deduzidos da Bibliografia e ora Adotados.
- 2.2.6 Caso-tipo Ilustrativo do Proveito Máximo das Anonimizações
Propostas no item 2.1.
- 2.2.6.1 Considerações e variações de Recalques Simples Calculáveis.
- 2.2.6.2 Importância comparativa entre Nomenclatura adotada.
- 2.2.6.3 Considerações e variações dos Recalques Diferenciais Totais ($\Delta\rho$), e
Distorções Angulares ($\delta\rho/l$).
- 2.2.6.4 Conseqüências das Limitações de Recalques.

- 2.2.6.5 Admitida a arbitrariedade mais patente referente à rigidez como primeiro fator, passa-se às perspectivas sugestivas de um segundo fator: variações da proporção da carga viva.
- 2.2.6.6 Incentivo máximo a inquirições dos tipos exemplificados.
- 2.2.7. Referências

3. COMENTÁRIOS INTRODUTÓRIOS.

CAPITULO PARCIALMENTE FINALIZADO PELO PROF. VICTOR de MELLO – PORCENTAGEM ESTIMADA ~ 65%

FALTA: **1) item 3.1(C),**
 2) item 3.4,
 3) item 3.7
 4) item 3.8

3.1 Considerações sobre três teorias preeminentes, vistas sob aspectos profissionais e descartadas no presente.

3.1.1 Instabilização de taludes via os METODOS DE ANALISES LIMITE (LAM).

3.1.2 Geotecnia do Estado Crítico, Critical State Soil Mechanics, CSSM.

3.1.3 Modified CAM-CLAY

3.1.4 Equações e Leis constitutivas

3.2 Bases de toda ação, deformações e instabilizações-mudanças de condições. Ensaio-prática, Acadêmicos-Realismo.

3.3 Diferentes graficações históricas, mantidas: deformações e resistência; comparações.

3.4 Paradigmas lógicos de correção (parcial) do edométrico, e do triaxial convencional.

- 3.5 Pressões de repouso, Jaky e faixa de repouso-ativo e repouso-passivo. Erosões e geomorfologias de vales. Expectativas de singularidades dentro da seleção natural mais generalizada.
- 3.6 A dimensão Tempo e Repetitividade Cíclica na Seleção Natural.
- 3.7 Ensaio, parâmetros, e graficações fundamentais convencionais. Principais erros de interpretação e de uso ilustrados simplificada e de uso ilustrados simplificada e de uso ilustrados simplificada.
- 3.8 Importância prioritária da digestão do princípio evolutivo dos solos por Seleção Natural incluída a dimensão tempo, com ciclos. Sedimentos e saprolitos em direção diametricamente opostas. Lateritas.
- 3.9 Referências

4 ELEMENTOS BÁSICOS DE GEOLOGIA PARA ENGENHARIA CIVIL-GEOTÉCNICA.

CAPITULO FINALIZADO PELO PROF. GEORG R. SADOWSKI, ITERAGINDO COM O PROF. VICTOR de MELLO

4.1 Preâmbulo.

4.2 Estrutura geral da Terra e a Física das placas e consequências maiores.

- 4.2.1 Estrutura do globo. Papel das propriedades físicas dos componentes.
- 4.2.2 Elasticidade, viscosidade efetiva e as placas tectônicas.
- 4.2.3 Cinemática e estados de tensão crustais nas bordas e no interior das placas.
- 4.2.4 Terremotos: eventos geológicos catastróficos de escala global.
 - 4.2.4.1 Introdução.
 - 4.2.4.2 Terremotos e escalas de medição.
- 4.2.5 Tempo geológico e a utilidade de seu conhecimento em Geotecnia.
 - 4.2.5.1 O período mais recente.
 - 4.2.5.2 Medição e escalas radiométricas e paleontológicas.

4.3 Tectonismo e deformação.

- 4.3.1 Esforços tectônicos e deformação interna e de forma dos corpos rochosos.

- 4.3.2 O conceito de ductilidade relativa e níveis estruturais e sua importância prática.
 - 4.3.3 Formas originais e sua deformação.
 - 4.3.3.1 Flambagem, cisalhamentos puros e simples.
 - 4.3.3.2 Pré-cisalhamento tectônico ao longo de contatos e suas conseqüências geotécnicas.
 - 4.3.4 Complexidade geológico estrutural.
 - 4.3.4.1 Dificuldades de integração de dados e sua representação espacial.
 - 4.3.4.2 Problemas de visualização. Comunicação geólogos x geotécnico.
 - 4.3.5 Anisotropia mecânica dos maciços.
 - 4.3.6 Feições maiores da deformação rúptil.
 - 4.3.6.1 Falhas de pequenas e grandes dimensões versus obras.
 - 4.3.6.2 Cisalhamentos dúcteis. Falhas em diferentes profundidades e suas propriedades.
 - 4.3.6.3 Complexidade dos problemas geométricos acompanhantes.
 - 4.3.7 Juntas e diaclases.
 - 4.3.7.1 Modelos de formação e expectativas dos comportamentos geomecânicos.
 - 4.3.7.2 Efeitos de alívio erosivo a longo e curto prazos e por corte.
 - 4.3.7.3 Propriedades das superfícies. Tentativas empíricas e laboratoriais.
 - 4.3.7.4 Papel individual e do conjunto nas propriedades de resistência do maciço.
 - 4.3.8 Representação espacial das estruturas.
 - 4.3.8.1 Projeções ortogonais e estereográficas.
 - 4.3.8.2 Determinações estatísticas e conseqüências de erros correntes.
- 4.4 Formação versus propriedades das rochas cristalinas.**
- 4.4.1 Rochas magmáticas ácidas, básicas e intermediárias.
 - 4.4.1.1 Dimensão, forma e estrutura interna dos corpos de acordo com a origem.
 - 4.4.1.2 A relação entre sua composição e velocidades de resfriamento na organização

textural (resistência intacta) e estrutural (resistência do maciço).

4.4.1.3 Experiência brasileira em derrames de basalto em barragens e obras anexas.

4.4.2 Rochas metamórficas metassedimentares e metavulcânicas em diferentes graus de transformação.

4.4.2.1 Estruturas básicas e anisotropias. Tipos de foliação versus resistências. Nível de grau de cisalhamento e achatamento.

4.4.2.2 Filitos, xistos e gnaisses. Propriedades e exemplos de problemas.

4.5 Rochas sedimentares.

4.5.1 Origens, diagênese. Implicações texturais, cimentações.

4.5.2 Rochas sedimentares ou solos.

4.5.3 Classificações.

4.5.4 Principais tipos de rochas epiclásticas.

4.5.4.1 Conglomerados e paraconglomerados.

4.5.4.2 Arenitos.

4.5.4.3 Argilitos, siltitos e folhelhos.

4.5.5 Peculiaridades físicas da rocha intacta e sua importância geotécnica.

4.5.5.1 Aspectos gerais.

4.5.5.2 Rochas psamíticas.

4.5.5.3 Rochas pelíticas.

4.5.5.4 Algumas considerações sobre porosidades.

4.5.6 Rochas vulcanoclásticas.

4.5.6.1 Introdução.

4.5.6.2 Principais tipos.

4.5.6.3 Algumas propriedades a considerar.

4.5.7 Problemas específicos de rochas sedimentares de origens química e orgânica.

4.5.7.1 Rochas solúveis.

4.5.7.2 Evaporitos.

4.5.7.3 Propriedades geotécnicas de carbonatos: calcários, dolomitos.

4.5.7.4 Classificações litológicas.

4.5.7.5 Perfil de alteração.

4.6 Efeitos da condição da superfície e desagregação das rochas.

4.6.1 Desgregação pelos agentes de superfície. Susceptibilidade dos minerais componentes das rochas à decomposição.

4.6.1.1 Introdução.

4.6.1.2 Formação de óxidos e argilas.

4.6.1.3 Distinção de argila e argilo-minerais. Argilas expansivas.

4.6.1.4 Problemas com veios caolínicos, concentrações residuais de micas e solos dispersivos.

4.6.2 Escalas propostas de graus decomposição das rochas.

4.6.2.1 Formação de saprolitos e solos residuais.

4.6.2.2 Obliteração da estrutura original e mudança de propriedades físicas.

4.6.2.3 Distinção básica entre os perfis de saprolitos entre rochas ígneas, metamórficas e sedimentares.

4.6.2.4 Diferenças de perfis de decomposição em função do clima.

4.6.2.5 Características gerais de solos sedimentares.

4.7 Referências

5 TALUDES: INSTABILIZAÇÕES E DEFORMAÇÕES POR INCLINAÇÕES E PERCOLAÇÕES.

CAPITULO PARCIALMENTE FINALIZADO PELO PROF. VICTOR de MELLO – PORCENTAGEM ESTIMADA ~ 45%

FALTA:

- 1) Completar item 5.1**
- 2) item 5.3**
- 3) item 5.4**
- 4) item 5.5**

5.1 Talude idealizado “infinito” de encosta, e taludes construídos.

5.2 Taludes instalibilizados por redes de infiltrações. Pluviografia pertinente, registros e ensaio postulado. Correção do erro visceral de uso direto das pressões neutras (de poros) de fronteira (Refs. Terzaghi 1936, Taylor 1948) conforme de Mello et al. (Ref.....). Hydrauger para rebaixamento eficaz.

5.3 Análises de Instabilizações de Taludes: Reapreciação Histórica.

5.3.1 Introdução

5.3.2 Cargas Moles e Duras, Solicitantes e Restituíntes. Revisão Significativa nos Ensinamentos do Processo de Análise de Estabilidade de Talude Simples de Fellenius, entre Terzaghi-Peck (1948) e a Edição Revista (1967)

5.3.3 Primórdio da Incorporação de Preocupações por Pressões Neutras de Compressibilidade em Período Construtivo. Dados Monitorados Interpretados Diferenciadamente Sob Influências Regionais. Validação do PNFU Para Tal Caso e Introdução de um “Gene Adulterante”, Quando Estendido Para as Percolações.

5.3.4 Batalha de Vitória Prenunciada a Favor do Uso de Pressões Efetivas, com Instabilizações Escandinavas Coincidentes com Equilíbrio Estático-Dinâmico com $F = 1,00$

5.3.5 A Simplificação PNFU Demonstrada Bem Errada

5.3.6 Instabilização Crítica de MO das Barragens por Abaixamento do Reservatório, Rápido ARR e não lento, ARL

5.3.7 Efeitos Secundários ao Longo do CC Decorrentes das “Mudanças de Condições” de uma Rede Para a Seguinte.

5.3.8 Peculiaridades Muito Olvidadas Quanto às Resistências ao Cisalhamento. Postulada Contraposição com as Leis da Estático-Dinâmica de Newton

5.3.9 Rastejos de Longo Prazo, Sob Tensões-Controladas: Rupturas Súbitas Geráveis.

5.3.10 Considerações Finais

5.3.11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5.4 Casos específicos de bastante relevância que abrem conceitos aparentemente singulares, mas dentro da complexa lógica das Seleções Naturais:

5.5 Estabilizações por eletrosmose: três etapas: gradiente para montante por eletroforese, adensamento, troca catiônica.

5.6 Referências

6 BARRAGENS DE TERRA COMPACTADA E FILTRO-SEPTO.

A partir deste capítulo do livro, a porcentagem dada como de avanço ou de conclusão pelo Professor é baixa.

Anotações, comentários e discussões do Professor estão apresentadas no corpo do texto disponibilizado. Bibliografias dele próprio relacionadas a cada item foram listadas por ele.

6.1 Origens do paradigma Brasileiro, Terzaghi 1949, LIGHT-COBAST. Questionamentos e críticas. Acidentes.

6.2 Determinante o ARRANJO GERAL, os três circuitos hidráulicos, e domínio Geológico-Hidrológico-Topográfico moldado sobre acidentes tectônicos e geomorfologia fluvial de curvas.

6.3 Ensecadeiras para desvios, problemas e soluções. Casos especiais que geraram soluções. Seção de fechamentos e transições. Acidentes. Otimizações de incorporação na seção global.

6.3.1 Leito Rochoso do rio. Obras hidráulicas no caminho crítico. Fechamentos-desvios por etapas.

6.4 Seção otimizada proposta, para filtros-transições de montante a jusante, e também do subsolo-fundação. Lapsos de conceito e de execuções freqüentemente praticadas.

6.4.1 - Rupturas imprevistas mas atribuíveis a fatores geológico-geotécnicos.

6.4.2 - Fatores condicionantes prioritários para seção otimizada atualizada.

6.4.3 - Seção idealizada otimizada atualizada segundo 6.4.1 e 6.4.2

6.5 Empréstimos: terraplenagem, compactações. Ajustes judiciosos, experiências reveladoras, conceitos revistos.

- 6.6 Solicitações críticas. Ensaio correntes e necessidades de ajustes corretivos via EPs. Análises de instabilizações referidas aos itens 5.1 e 5.2.
- 6.7 Tratamentos de impermeabilizações e drenagens de fundações.
 - 6.7.1 Em fundação terrosa e barragem mógicas. Trincheira de lama.
 - 6.7.2 Tapetes impermeabilizantes e filtro-drenante na calha. Atapetamento em ombreira porosa.
 - 6.7.3 Cortinas-diafragmas impermeabilizantes e drenantes: correntes, e a otimizar.
- 6.8 Otimizações do talude de montante. Ventos, ondas, erosões, proteções: manutenções. Talude de jusante e crista.
- 6.9 Transicionamento para encontros com seções-gravidade.
- 6.10 Controle construtivo do próprio equipamento, e ensaios Hilf-Proctor. Monitoramentos de tensões/deformações durante construção.
- 6.11 Primeiro enchimento, e início vida operacional. Experiências e rupturas mundiais marcantes.

7 ATERROS SOBRE ARGILAS MOLES.

- 7.1 Análises clássicas de Fellenius: e, para camada delgada, ruptura por expremer de Jurgenson para aterros planos de $\Delta\sigma_v$ inicial conhecido.
- 7.2 Erro de lançamento de areias dragadas, saturadas em faixa larga. Ajustes de σ_v em sequência construtiva. Bermas.
- 7.3 Ajustes de s_u em camada expressa, variação linear com profundidade (solo Gibson): variação em função do I_p (Bjerrum et al.); subadensamento por artesianismo. Adensamento parcial superficial por absorção pela primeira camada de aterro seco espalhado para traficabilidade. Idealizações criticadas para ajustes: tensão-deformação mobilizada longitudinal vs. lateral.
- 7.4 Variantes construtivas. Avanço de ponta, muito alta expulsando a argila: volumes quase secos empurrados para baixo avançando rápido; resistência

mobilizada na superfície resulta contraproducente. Aterros de encontros de pontes, RUPT e deformações.

- 7.5 Estivas, vegetação desfolheada, bambu, etc para traficabilidade inicial. Geotexteis como reforços, repetitivos.
- 7.6 Capiteis sobre estacas sustentando aterro: modelo arrancamento. Jet-grouting como reforço estrutural, subsolo e aterro.
- 7.7 Drenos verticais diversos comparados. Erros típicos de conceito e de prática.
- 7.8 Adensamento por vácuo.
- 7.9 Apreciação resumida de (1) coletâneas de casos (2) Desafios DPOs de previsões PREVs vs. Resultados obtidos OBTs.

8 EMPUXOS DE TERRAS SOBRE CONTENÇÕES, RÍGIDAS E FLEXÍVEIS.

8.1 Introdução

8.2 Histórico via Instabilização-Ruptura, e FSs arbitrários. Empuxos “repouso”.

8.2.1 Coulomb, 1776, Equilíbrios de Forças Globais simplificadas.

8.2.2 Rankine, 1857, tensões conjugadas, contenção como plano do maciço.

8.2.3 Jaky, 1944, empuxo no plano central em repouso, em pilha granular em ruptura.

8.3 Hipóteses de Coulomb estendíveis e ajustáveis.

8.4 Conceitos de Rankine, e especialmente Jaky, retrocessos.

8.5 Faixas presumidas de empuxos-repouso convencionais.

8.6 Reforços com ancoragens, passivas e ativas.

9 PRINCIPAIS BARRAGENS COMPLEMENTARES-COMPETITIVAS NA ATUALIDADE: EXAME LÓGICO DE SEUS PRINCÍPIOS, VANTAGENS E DEFICIÊNCIAS, SEGUNDO PRÁTICAS CONVENCIONADAS “POR EXPERIÊNCIA”, E POSTULAÇÕES DE AJUSTES POR “FERTILIZAÇÃO CRUZADA”

- 9.1 Enrocamentos “de ponta”, soltos, com jatos de água frontais: compactados acima de 100m, ≥ 1958 .
- 9.2 Enrocamentos-filtros/transições-terra: princípios e práticas locais históricas. Casos.
 - 9.2.1 Resumo de fatores locais e Arranjo Geral como justificantes.
 - 9.2.2 Primeiro, otimizados espaldares e núcleo: estabilidades, e impermeabilidade.
 - 9.2.3 Segundo, alerta ref. compatibilizar deformações/recalques, em todas fases.
 - 9.2.4 Casos específicos: Escandinavo, Inglês; núcleo vertical mole; face-tapete argilosa tipo Growdon.
 - 9.2.5 Ensecadeiras otimizadas incorporadas: logística hidrológica de fechamento.
 - 9.2.6 Condições dos encontros laterais, para núcleo e demais faixas.
- 9.3 Enrocamentos com faces de lajes impermeáveis.
 - 9.3.1 Enrocamento solto, empurrado de ponta sob jatos d’água. Laje de concreto.
 - 9.3.2 Enrocamentos compactados, zoneamentos funcionalmente direcionados.
 - 9.3.2.1 Seção orientada segundo intuições para comportamentos. Condicionamentos logísticos.
 - 9.3.2.2 Face ou diafragma central asfáltico. Questionamentos.
 - 9.3.2.3 Túneis de desvio otimizados. Estruturas e Comportas minimizadas.
 - 9.3.2.4 Fechamento do tampão concretado, injetado. Túnel longitudinal vantajoso.
 - 9.3.2.5 Procedimentos otimizados de execuções do maciço. Sanduíche prático desejável.
 - 9.3.2.6 Enrocamentos galgáveis com percolação por talude.
 - 9.3.2.7 Ensaios necessários de laboratório e de campo. Comportamentos-índice.
 - 9.3.2.8 Produtos britados não representativos. Ensaio tipo Los Angeles ajustado.
 - 9.3.2.9 Ligação pé da laje-fundação. Vedação vertical histórica → plinto horizontal. Reapreciações?

- 9.3.2.10 Hipótese de galeria perimetral a otimizar sob elemento impermeável, cf. 2.2.4.
- 9.3.2.11 Enchimento terroso selante protetivo questionável. Incorporação parcial da ensecadeira?
- 9.4 Barragem de concreto compactado a rolo.
 - 9.4.1 Seção atual já convencional, tipo gravidade. Ajuste na fundação.
 - 9.4.2 Hipóteses de otimizações na seção estrutural.

10 PORMENORES DAS BARRAGENS TERROSAS-PEDREGOSAS.

- 10.1 Tratamentos de fundações com rochas fraturadas. Injeções e drenagens.
 - 10.1.1 Impermeabilizações de fraturas por injeções. Ensaios, decisões, execução.
 - 10.1.2 Drenagens por tapetes filtro-drenantes. Poços filtrantes.
 - 10.1.3 Valas e/ou aterros filtro-drenantes invertidos, a jusante após enchimento.
- 10.2 Geometria dos taludes de montante e de jusante.
 - 10.2.1 Abolição de taludes uniformes contínuos. Danos e manutenções.
 - 10.2.2 Face montante com “rip-rap” enrocamento protetor de ondas.
 - 10.2.2.1 Ventos máximos de durações efetivas. Observações. Pedras são grandes.
 - 10.2.2.2 Erros básicos, camadas uniformes transicionantes superpostas.
 - 10.2.2.3 Reparações de pontos erodidos. Variante com malha chumbada.
 - 10.2.3 Proteção de montante mediante solo-cimento compactado.
- 10.3 Filtros-transições internos em septos inclinados.
 - 10.3.1 A montante camada filtrante única larga granulometria deitada.
 - 10.3.1.1 Face do núcleo vulnerável a fraturamentos físicos e hidráulicos.
 - 10.3.2 A jusante critérios de projeto-execução dos septos filtro-drenantes.
 - 10.3.3 Revisão visceral da compactação de ambos faceamentos filtro-drenantes.
- 10.4 Talude de jusante gramado, com bermas, para escoamento superficial.
- 10.5 Considerações para pormenores da crista.
- 10.6 Monitoramentos. Conceitos básicos. Erros e acidentes, insinuados ou inadvertidos.

11 ATERROS NÃO-CONVENCIONAIS PARA BARRAGENS, ACESSOS DE PONTES, E SOBRECARGAS.

- 11.1 Barragens de aterros hidráulicos. Núcleo e espaldares separados da suspensão.
 - 11.1.1 Técnicas ainda usadas na Rússia (\pm 1980), abandonadas no mundo. (\pm 1940).
- 11.2 Rejeitos de minerações, constituindo a barragem e enchendo o reservatório.
 - 11.2.1 Procedimentos alternativos das execuções. Problemas, soluções.
 - 11.2.2 Acidentes graves. Lacuna de análise de azares e riscos.
- 11.3 Areias submarinas dragadas e depositadas.
 - 11.3.1 Equipamentos/logísticas especializados dominam a aplicação. Geotecnia colateral.
 - 11.3.2 Casos específicos interpretáveis: retroanálises conceituais.
- 11.4 Aterros soltos ou compactados com solos saprolíticos e/ou lateríticos.
 - 11.4.1 Condição construtiva estável ilude. Deformações delongadas.

12 TRATAMENTOS DOS SUBSOLOS INSATISFATÓRIOS E PROBLEMÁTICOS.

- 12.1 Conceitos gerais, metas e resultados distintos, resistência, compressibilidade, permeabilidade.
- 12.2 Precompressões parciais de solos argilosos superficiais compressíveis.
 - 12.2.1 Aceleração baseada em colunas filtro-drenantes verticais diversas.
 - 12.2.2 Lançamento hidráulico de areias saturadas; erro grande muito olvidado.
- 12.3 Limites de sobrecargas $f(\sigma_{RUPT})$: atendidos por incrementos em etapas.
- 12.4 Carregamento por vácuo, sem ou com fibro-drenos.
- 12.5 Rebaixamento do lençol por ponteiras a vácuo. Alternativa a 12.4, menos eficiente.

- 12.6 Solos arenosos fofos superficiais. Compactações mássicas algo desuniformes.
 - 12.6.1 Dinamitagens controladas.
 - 12.6.2 Vibroflotação. Necessidade de sobrecarga no topo.
 - 12.6.3 Poços profundos bombeados, bombas submersas, diâmetro mínimo.
 - 12.6.4 Viabilizável uso de gradiente eletrosmótico para baixo; não experimentado.
- 12.7 Eletrosmose estabilizadora imediata e por etapas adicionais.
 - 12.7.1 Efeito imediato por gradiente instantâneo de fluxo.
 - 12.7.2 Segundo benefício de prazo módico, adensamento.
 - 12.7.3 Terceiro benefício, lento e duradouro, troca catiônica.
 - 12.7.4 Potência energética, consumo, custos.
- 12.8 Precompressões de horizontes de solos colapsíveis.
- 12.9 Tratamento com meta de impermeabilização: injeções químicas do solo.
 - 12.9.1 Técnica de “tubes-a-manchette”, “clacagem” da bainha.
- 12.10** Estritamento de período construtivo, solidificação do terreno por congelamento.

1 - PREFÁCIO GENÉRICO, CONSIDERAÇÕES RESUMIDAS ENFATIZADAS, A PERMEAR TODO O LIVRO.

1.1 Livros Tradicionais cujo Teor se Admite Conhecido pelo Leitor.

Na elaboração de um livro atualizante otimizado é indispensável estabelecer que fundamentos de conhecimentos se consideram constituírem a bagagem liminar do leitor. Ademais, cabe enfatizar que em qualquer Livro de Texto que se obriga a uma varredura razoavelmente abrangente da matéria nas novas bases propostas, a própria absorção dos fundamentos prévios tem que ter sido seletiva, sob o entendimento de que qualquer autor inclui três tipos de capítulos: o primeiro, que não se relaciona, de consenso da época, mesmo que expresso em formas algo diferenciadas; o segundo, aquele que realmente destila os conhecimentos aos quais o autor específico contribuiu marcadamente por suas próprias pesquisas, conclusões e publicações; finalmente o terceiro, aquele no qual o autor se esforçou por sintetizar assuntos nos quais não trabalhou pioneiramente, mas compôs extraíndo de demais livros disponíveis conhecidos. Motivos históricos muito importantes associados à Segunda Guerra Mundial obrigam a que se faça referência inicial a Livros de Texto Norte Americanos. Com referência à presente Edição em Português ao final (subitem 7) fazem-se também algumas referências à produção local.

Em seguida resumem-se assim os principais livros que estabeleceram a “linguagem corrente” da Mecânica dos Solos convencional, e que se considera assegurado pertencerem às bases do leitor entusiasmado pelas perspectivas da matéria profissional deveras promissora. Deixa-se de mencionar o primeiro tipo, designando o segundo e terceiro como A e B.

1. Terzaghi, K., 1943 "Theoretical Soil Mechanics", Chapman & Hall, London, Wiley, N.Y. (Ref. 1¹)

Interessa a afirmação no início da Introdução, "o solo do geólogo e agrônomo não recebe qualquer menção neste livro, porque não pode ser usado quer como base para as estruturas quer como material de construção". Frisa a necessidade do recurso a teorias idealizadas matemáticas, sempre com sucessivas simplificações: pela complexidade excepcional do material solo, comparado com qualquer outro material, as diferenças entre o comportamento idealizado e o real diferem muito de um solo para outro. Livro muito pouco usado, exagerado em elaborações matemáticas.

Equilíbrio "plástico" de massa semi-infinita com superfície plana, usando Mohr-Coulomb. (A)

Estados Ativo e Passivo de Rankine e rupturas, teorias de Résal (1910) e Frontard (1922) corrigidas. (A)

Empuxos de terras variando com deformações. (A)

Capacidade de carga de sapatas rasas, soluções "rigorosas matemáticas" e simplificações imperiosas. (A)

Perspectiva de métodos de relaxação. (A)

Ruptura geral e local. (A)

Teoria de arqueamento nos solos ideais, métodos gráficos de obtenção de empuxos ativos. (A)

Interveniência de trinca de tração na instabilização de taludes. (A)

Empuxo passivo, métodos de determinação. (A)

Estabilidade da base de escavações lateralmente confinadas. (A)

Túneis em areia. Pressões circundantes teóricas. (A)

Suportes laterais ancorados. (A)

Infiltração de chuva representando instabilização de barragem. (A)

¹ A citação à bibliografia é específica de cada capítulo, e está apresentada ao final de cada capítulo.

Retro-erosão tubular “piping” e filtros. (A)

Teoria do adensamento, dissipações distintas da sobrepressão neutra, argila homogênea. (A)

Drenagem de areia por bombeamento de poço. (A)

Abaixamento rápido do reservatório, instabilização. (A)

Teoria da elasticidade em reações laterais de estacas. (A)

Teorias de elasticidade em solos semi-infinitos, quando $FS \geq 3$. Tensões transmitidas. (A)

Pressões de contato sob apoios rígidos e flexíveis. (A)

Forma e tamanho de sapatas influenciando recalques. (A)

Problemas de vibrações forçadas harmônicas. (A)

Fórmulas dinâmicas de cravação de estacas. (A)

2. Taylor, D.W. 1948 “Fundamentals of Soil Mechanics”, Wiley, N.Y. (Ref. 2)

Ensaio edométrico e compressibilidade-adensamento de argilas saturadas. (A)

Resistência ao cisalhamento, Mohr-Coulomb. (A)

Estabilidade de Taludes. (A)

Empuxos de terra, teorias de Coulomb e Rankine. (B)

Barragens de terra, compactações, ensecadeiras. (B)

Fundações Diretas, capacidade de carga. (B)

Fundações por estacas, cravação, fórmulas dinâmicas. (B)

3. Terzaghi, K. e Peck, R.B., 1948 “Soil Mechanics in Engineering Practice”, Wiley. (Ref. 3)

Da mesma forma como o Livro nº 1 acima colimou abranger toda a Teorização da nova profissão especializada: este, compilado 5 anos mais tarde procurou abranger recomendações para a Prática Profissional em toda a gama de problemas correntes. A favor de uma pretendida abrangência super simplificadora para os usuários pelo mundo afora, fere repetidamente um princípio racionalmente

criticado na diretriz básica estatístico-probabilística resumida no capítulo 2, item 2.1 e 2.2 do presente livro. Categoriza vários parâmetros de valores determinados por ensaios em grupos grosseiros e adjetivados. Por exemplo, as consistências das argilas em função das Resistências à Compressão Simples são qualificadas como:

Mto. mole	mole	média	rija	Mto. rija	Extremamente rija a dura*
Kg/cm ² < 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 1,0	1,0 – 2,0	2,0 – 4,0	>4,0 *se também for friável.

- O mesmo com relação às compacidades das areias e das consistências das argilas categorizadas com base em faixas de valores SPT.

Passa-se a apreciações itemizadas:

Curvas granulométricas de filtros bem uniformes. (A)

Compressibilidades confinadas edométricas típicas de alguns materiais esmagáveis. (A)

Retas edométricas e vs. $\log \sigma_v$ de argilas. Com o erro conceitual de admitir todas comprimirem até o $e \equiv$ zero. (A)

Criação do Standard Penetration Test (SPT), com Raymond Concrete Pile Co. (A)

Curvas pressão-recalque de provas de carga sugeridas para areias fofas, médias, densas, muito densas. (A)

Drenagens por série de ponteiros filtrantes “well-points” sem e com vácuo, ou poço profundo bombeado. (A)

Escoramento estrutural de vala: diagrama de pressões recomendado. (A)

Compactação dos solos. (A)

Taludes para projeto preliminar de barragens baixas ≤ 15 m de solos diversos. (A)

Barragens de aterros hidráulicos. (A)

Aterros sobre solos moles: rupturas de base. (A)

Fundações de pontes, forma da erosão. (A)

Pressões admissíveis de sapatas, areias e argilas. (A)
Fundações em “radiers”. (A)
Fundações por estacas. Atrito lateral limite em argilas. (A)
Projeto de estacarias de edifícios. (A)
Fundações por tubulões. (A)
Fundações de barragens de concreto. (A)
Barragens de enrocamento solto com face de concreto. (A)
Cálculo da relação “creep ratio” de linha de percolação crítica de retro-erosão, e valores recomendados. (A)
Recalques do terreno contíguo devido a escavações profundas contraventadas. (A)
Recalques devidos ao rebaixamento do lençol d’água. (A)
Recalques devidos a vibrações. (A)
Recalques devidos à deterioração química do concreto. (A)

Anotação. Refletindo a atividade de consultorias pontuais de Terzaghi, cada um de todos os assuntos foi progressivamente revisto quanto às recomendações. O livro mantém interesse apenas para advertir o leitor sobre a vasta gama de problemas a admitir possíveis.

4. Chellis, R.D., 1951 “Pile Foundations: Theory, Design, Practice”, McGraw-Hill. (Ref. 4)

Provas de carga estáticas, carregadas a (1,5 a 2) Carga de Projeto, por 48 hrs., e satisfatórias se recalque inferior a 0,25m por tonelada de carga aplicada. (A)
Relação de todas as estacas, predominantemente cravadas, em uso. (A)
Uso de tensiômetros Carlson para determinar distribuições de atrito e ponta. (A)
Utilidades diversas de estacarias. (A)
Análises de penetrabilidade de estacas cravadas. (A)
Fórmulas dinâmicas diversas. (A)
Equipamentos de cravação, martelos, energias. (A)

Deteriorações de diferentes estacas, proteções. (A)

5. Tschebotarioff, G.P., 1952 "Soil Mechanics, Foundations and Earth Structures", McGraw-Hill. (Ref. 5)

Atrito seco, úmido e submerso entre minerais específicos. (A)

Durezas de minerais específicos. (A)

Pressões laterais sobre contenções flexíveis, via ensaios em grande escala. (A)

Concretagem submersa mediante tremonha. (A)

Subfundações. (A)

Tubulões a ar comprimido. (A)

Aterros sobre condutos rígidos. (A)

Barragens de aterros hidráulicos. (A)

Vibrações de máquinas, dinamitagens e sismos. (A)

Drenos verticais de areia. (A)

6. Leonards, G.A. Editor. 1962 "Foundation Engineering", McGraw-Hill (Ref. 6)

Dos 14 Autores sobre Tópicos Específicos de suas escolhas merecem atenção especial,

(3) Rebaixamento do lençol freático

Mansur, C.J. e Kaufman, R.J. (A)

(5) Estruturas de arrimo

Tschebotarioff, G.P. (A)

(7) Fundações por estacas

Chellis, R.D. (A)

(11) Bueiros e condutos enterrados

Spangler, M.G. (A)

7. Referência à produção local de Textos que familiarizassem o leitor aos conceitos e linguagem básica da Geotecnia convencional presumida conhecida.

Vários fatores se agregaram para frustrar os entusiasmos no sentido de promover o mais prontamente possível a emissão sistemática de textos seqüenciais de interesse e utilidade à profissão especializada, precipuamente importada. Em síntese retrospectiva pode-se acenar para uns cinco fatores dominantes que se conjugaram num só: (1) a bem intencionada preocupação por recuperar atraso acumulado (entre aproximadamente 1923 e 1951); (2) a necessidade de divulgar precipuamente para os engenheiros que contratassem os serviços geotécnicos, tanto quanto aos geotécnicos usuários; (3) o fato local histórico urbano de que os Engenheiros estruturais eram quem dominava as obras; (4) a recém-criada Associação Brasileira de Mecânica dos Solos ABMS; (5) os principais veículos de publicação técnica serem Revistas (a) do Instituto de Engenharia e (b) dos Centros Acadêmicos do Mackenzie e da Politécnica-USP; todas progressivamente desvirtuadas e interrompidas (c) sucedeu-se a Escola de Engenharia de São Carlos que perdura razoavelmente.

Acima de tudo marcou-se o prejuízo de não se fazerem re-impressões, enquanto aumentava rapidamente o número de interessados seja como Clientes, seja como Atuantes, em Geotecnia, o inescapável apoio para tudo.

Registram-se a seguir alguns exemplos da época

- (1) Terzaghi, K. e Peck, R.B. (1948.1962) “Mecânica dos Solos na Prática da Engenharia”. Traduzido por Costa Nunes, A.J., e Campello, M. de L.C. (Ref. 3 e 7)

- (2) de Mello, V.F.B. (1951) “Química Coloidal e algumas propriedades de argila”, Rev. POLITÉCNICA, Ano XLVII, nº 160, pg. 31-37. (Ref. 8)
- (3) de Mello, V. F. B. (1951):
- (3.1) Anais da Ass. Bras. de Mecânica dos Solos, Vol. I, 1951, 6 artigos. (Ref. 9)
- (3.2) Idem, Anais Vol. II, 1952: 4 artigos, e discussões. (Ref. 10)
- (4) de Mello, V.F.B. (1953) “Vibrações provocadas por detonações e danos conseqüentes”. Revista do Instituto de Engenharia, Vol. 12, n. 136, pp. 153-160. (Ref. 11)
- (5) de Mello, V.F.B. 1953, 1954, 1955 (Ref. 12). Uma série de 4 artigos sucessivos, Mackenzie:
- (a) “Classificação e identificação dos solos” – I Parte. Revista de Engenharia Mackenzie, 38, n. 121, pp. 3-18, Nov/Dez.
- (b) “Condições de solicitação de elementos de solo” – II Parte. Revista de Engenharia Mackenzie, 38, n. 122, pp. 21-28.
- (c) “Compressibilidade volumétrica, adensamento e recalques” – III Parte. Revista de Engenharia Mackenzie, 40, n. 124/125, pp. 27-45.
- (d) “Contribuição ao estudo da Resistência ao cisalhamento dos solos”. Revista de Engenharia Mackenzie, ano XLII, n. 133, Set-Out. 1956.
- (6) de Mello, V.F.B., (1954) Anais do 1º Congresso de Mecânica dos Solos, 1954, Porto Alegre, Vols. I, II, III. (Ref. 13)

- (7) de Mello, V.F.B., (1955) Revista ENGENHARIA, do Instituto de Engenharia, Vol. XIII, Ano XIII, nº 143, Março 1955: com oito artigos, e uma Notícia de Obra Brasil-Bolívia. (Ref. 14)
- (8) Costa, F.V. (1956) "*Estacas para Fundações*", Lisboa. 2ª Edição, promovida por de Mello, V.F.B. e o Centro Acadêmico Horácio Lane, E.E. Mackenzie, S.Paulo. (Ref. 15)
- (9) Schiel, F. (1957) "Estática de Estaqueamentos", Publ. Nº10, Escola de Engenharia de São Carlos – USP. (Ref. 16)
- (10) "*Mecânica dos Solos para Engenheiros Rodoviários*". Traduzido por Evelyn B. Silveira e Araken Silveira, 2 Volumes, Edgard Blucher, 1959. (Ref. 17)
- (11) de Mello, V.F.B. e Teixeira, A.H. (1960) "Mecânica dos solos, fundações e obras de terra" Vols. 1, 2, Escola de Engenharia de São Carlos, USP. (Ref. 18)
8. Cabe assinalar que em nenhuma das referências de base, nem por muito tempo subsequente, ocorreu qualquer orientação no sentido da interpretação de postulações em termos estatísticos, sendo tudo baseado em receitas de fatores de segurança intuídos. Muito menos ocorreu a lembrança (ou oportunidade de casos repetitivos) de buscar apoio em raciocínios probabilísticos de riscos. Os casos foram orientados no sentido de avaliar cenários de rupturas, e de resolver por "senso comum" na base de dicotomia ruptura/não-ruptura.

1.2 Descobrimto Inovador do Princípio das Pressões Efetivas de Terzaghi.

Breves anotações biográficas, pouco difundidas, explicam a personalidade e trajetória do gerador, e da geração herdada, da Geotecnia.

Karl Terzaghi, neto e filho de abastada família Ítalo-Austríaca militar do grande império Austríaco, revelou desde cedo características de personalidade pluri-facetada (Ref. 19) com paixões que variaram desde a religião, através das artes de desenho e música, até a persistente curiosidade de resolver a seu modo. Como jovem entusiasmou-se por Geografia que abandonou por ser meramente descritiva. Fascinado por teoria ensaiou com sucesso criativo reinventar teorizações em Astronomia. Entrando na Universidade Técnica de Graz aos 17-18 anos afastou a Engenharia Civil, entrando na Engenharia Mecânica, porque lhe parecia mais racional. Mas manteve sempre a atitude de rejeitar as opiniões dos outros preferindo desenvolver os assuntos por seu método próprio. Ao terminar o curso com vários louvores interessou-se por geologia, e finalmente obteve um emprego na Geologia para Engenharia, na Engenharia Civil.

Iniciou-se seu ajuste auto-didático em empregos dedicados a obras hidrelétricas, nas quais descobriu o absoluto desconhecimento de algum proveito da geologia. Bem cedo preocupou-se com um caso de ruptura de barragem no primeiro enchimento por retro-erosão tubular “piping” pela fundação. Embrenhou-se em problemas de região kárstica que favoreceram a inspeção de cavernas. Interessando-se por edifícios e fundações apresentou marcante Tese de Doutorado sobre prática da engenharia em concreto armado avançado. Movido por sua persistente sede por desafios, e crescente auto-confiança, aos 28 anos passou por uma obra muito difícil na Rússia; e aos 29, provido de importantes recomendações e amizades deslocou-se para os EUA, onde havia intensas atividades construtivas de órgãos Governamentais atendendo à

expansão populacional e de avanço geográfico transcontinental, e o US Geological Survey.

Nos EUA percorreu várias obras, mas sempre se desiludindo com as práticas de só se preocuparem pela Inspeção qualquer que fosse o procedimento adotado pelo Construtor, e sem nenhuma motivação por descoberta e teorização. Após 20 meses de múltiplas tentativas de conseguir consultas ou empregos entrou em profunda depressão por três frentes: primeiro, pela impressão de ter passado por tantos atendimentos rápidos na Europa que não teria cristalizado nada de concreto; segundo, porque todos os seus grandes valores acadêmicos passaram a nada valer; terceiro, porque seu entusiasmo pela geologia como potencialmente muito proveitosa pelas propriedades de engenharia, não passava de descrições estéreis da origem das feições.

Retornando à Europa encontrou-se envolvido no começo da Primeira Guerra Mundial, com importantes participações como engenheiro militar. Passou um breve período incumbido de desenvolver o Avião, e finalmente no fim do verão 1916 foi nomeado Professor no Real Colégio Otoman de Engenharia em Istambul, como parte da parceria dos Impérios Austríaco-Otomano. Iniciando com os problemas de empuxos de terra, importantes para estruturas tanto militares como civis, examinou as teorias de Rankine (1857) e Coulomb (1776) que interpretou como tendo admitido o solo como equivalente a um material sólido, ignorando as deformações: uma hipótese de trabalho meramente tolerável. Empenhou-se em recomençar do fato elementar de que a areia consiste de grãos individuais; e que era indispensável começar com ensaios, para observar os fatos físicos.

Com o colapso dos Otomanos, e em enormes dificuldades pessoais, aceitou um convite do American Robert College como instrutor em Termodinâmica e tecnologia de gás, assuntos que teve que estudar simultâneo com ensinar. Com o trabalho colateral de Forchheimer em hidráulica aplicada, absorveu o princípio da analogia entre fluxo de eletricidade e da água. Partiu para análises das areias

movediças e de filtros de peso contra “piping”, alcançando solução satisfatória em 1921.

De 1919 a 1920 iniciou sua concentração nos problemas de argilas sedimentares saturadas, empregando “aparelhos” rudimentares improvisados para ensaios. Finalmente no início de Outubro 1923 iniciou a elaboração do manuscrito do livro reunindo todo o seu pensamento descoberto sob o título (traduzido do Alemão) “Earthwork mechanics based on the physics of soils”.

Sintetizando, consignou que sob um incremento de pressão externa à argila, ocorrerá um incremento equivalente na pressão da água intersticial; os contatos entre grãos não se alterariam enquanto não ocorresse a dissipação da sobrepressão nos poros. Quando a pressão da água intersticial for u , e a pressão externa p , somente a magnitude $(p-u)$ era efetiva em provocar pressão entre os grãos. Chamou-a de “pressão atuante sobre a fase sólida da argila”: a “pressão efetiva” da geotecnia.

Não foram poucos os trabalhos publicados reanalisando a equação das pressões efetivas de Terzaghi sob ponto de vista de equilíbrio estático de forças, em superfície rugosa horizontal com áreas A_u de pressão u de água e A_g de pressão “intergranular” de contatos diminutos grão a grão. Todos chegaram à conclusão da validade da equação $\sigma' = \sigma_t - u$ como hipótese de trabalho muito prática e bem aproximada. Consideram-se diferenças entre comportamentos de compressibilidade e os de resistência ao cisalhamento de atritos grão-a-grão sob tensões intergranulares.

Merecem destaque dois trabalhos muito meticulosos por Bishop e colaboradores, sob coordenação de Skempton (Ref. 20 e 21). O primeiro nomeado como dirigido para a resistência das argilas, e aplicável a qualquer solo, dirige-se às sobrepressões neutras de compressibilidade pela aplicação de pressão total externa. Esta teria que ser $(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$, fato que não foi reconhecido senão ao

redor de 1970, e ainda é desconhecido por enorme porcentagem de geotécnicos, acadêmicos e profissionais. Assinala-se as incompatibilidades parciais em todos os ensaios primordiais com fenômenos físicos, todos três, diferenciadamente definidos : compressibilidade edométrica só em função de σ'_v ; resistência ao cisalhamento só em função de (σ_1, σ_3) ; e Δu definido conjugadamente com o respectivo ensaio, quando teria que ser, em ambos, em função de $(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$.

3. Revendo trabalhos menos avançados anteriores vê-se que fornecem a equação, admitindo nula (comparativamente validíssimo) a compressibilidade dos grãos sólidos.

$$\Delta u = \frac{\Delta \sigma_t}{1 + n (C_w / C)} \text{ sendo}$$

C_w = compressibilidade do fluído intersticial.

C = compressibilidade de um elemento do material poroso (“estrutura composta pelos sólidos”) quando submetido ao $\Delta \sigma_t$ meticulosamente acompanhado com $\Delta u \equiv$ zero. (intencionado e presumido em primeira aproximação).

Vê-se que obviamente no valor de C entram os esmagamentos dos grãos: neste particular observa-se que os erros associados à equação de Terzaghi em comparação com a mais avançada não chegaram a ser quantificados aproximadamente para uma grande variedade de angularidades e esmagabilidades de diferentes petrografias e mineralogias.

Investigam-se mediante ensaios as diferenças entre três equações:

- (1) Terzaghi $\sigma' = \sigma - u$
- (2) Equação via tensões intergranulares $\sigma_i = (\sigma - u) + a.u$
- (3) Equação de tensões efetivas de Skempton $\sigma' = (\sigma - u) + m.a.u$
onde a e m são coeficientes empíricos.

Em conclusão resumida, a porcentagem de erro para poucos solos investigados demonstrou-se absolutamente insignificante. Faltará estender as investigações incorporando os bem conhecidos fatores intervenientes em níveis progressivamente menos priorizados, e em números adequados para Gaussianas mínimas. Em facetas independentes, como por exemplo os ensaios tipo Los Angeles de britas, existem contribuições valiosas, porém não integradas. Antecipa-se a previsão resumida de que em função das angularidades dos grãos, seus contatos íntimos (dilatados da condição rochosa), e as esmagabilidades muito maiores de muitas mineralogias, os erros em torno da “simplificação prática validada” da Teoria de Pressões Efetivas deverão ser bem maiores em solos saprolíticos.

1.3 Histórico Justificado da Mecânica dos Solos. Determinismo Matemático.

O breve retrato biográfico de Terzaghi associado às circunstâncias da época e de seus principais antecessores e mentores esclarece cabalmente os racionalismos da Engenharia Mecânica, Termodinâmica, Concreto Armado Avançado, e teoria dos fluxos Hidráulicos e Elétricos como bases impregnadas. Associaram às frustrações dos estágios descritivos inertes da Geografia e Geologia, e do absoluto empiricismo Americano na prática das obras buscando a fronteira da impunidade. Salientem-se as teorias já consagradas da Elasticidade e da Plasticidade nas Estruturas.

Um fator adicional inescapavelmente imposto como liminar compreendia a orientação científico-tecnológica de começar por descobrir e definir experimentalmente a espinha dorsal dos comportamentos de elementos de solo conforme intuitivamente repartidos segundo seus comportamentos primordiais intuídos, areias e argilas. Usaram-se paradigmas, como por exemplo a areia de Ottawa, de sílica e muito uniforme, de uso no concreto, e a “argila azul de Boston” totalmente amassada com água adicionada, para homogeneizar e depois readensar. Assim se investigavam efeitos de vários fatores isoladamente, sobre

amostras inicialmente libertadas de quaisquer singularidades in Natura e in situ: e perfeitamente homogêneas antes da talhagem dos corpos de prova; princípio científico inquestionável e louvável.

Assim é que se desenvolveram primeiro muitos dos parâmetros fundamentais linearizados à mão livre em gráficos distintos escolhidos para tal fim: persistem até hoje com relação ao comportamento básico dos solos normalmente adensados. Sobre tal quadro resultaram impactantes as progressivas descobertas de fatores singulares tidos como exceções, tais como a “Estrutura” e “Sensitividade” de argilas “indeformadas” e a supersensitividade das argilas Escandinavas associadas a lixiviação do conteúdo salino da água intersticial. Também pelo início contemporâneo da Mecânica dos Solos da Cidade do México, interagindo com os centros de Boston, iniciou-se o reconhecimento da significativa influência dos argilo-minerais. Por outro lado, ainda só lidando com solos sedimentares saturados, interveio no imediato pós-guerra a Escola Inglesa com as argilas fortemente preadensadas pelas geleiras.

Tudo progrediu sistematicamente dentro das elaborações dos gráficos linearizados, e com ramificações adicionais sobre os parâmetros originais, sempre em procedimentos e raciocínios determinísticos. Enfatiza-se, porém a razão histórica pela geração e desenvolvimento progressivo de diferentes “escolas de ênfases teóricas e práticas decorrentes”, Os determinismos aparentaram apoiar suficientemente cada grupo com sua condição local diferenciada. As necessidades de acelerar construções segundo práticas locais dificultaram e afastaram a busca teórica de qualquer síntese globalizante. Em particular, a ausência do raciocínio da relatividade Estatístico-Probabilística dentro da complexidade banuiu a comunicação consensual de priorizar aprimoramentos progressivos das teorias-práticas SIM/NÃO, de decisões a despeito de dúvidas que constituem o sacerdócio da engenharia (ver capítulo 2, itens 2.1 e 2.2).

1.4 Reversão para Probabilidades = f(Estatística); Azares e Riscos. Perspectivas Conceituais Fértéis para Avanços Profissionais.

Terzaghi reconheceu e frisou as importantes ressalvas com relação aos determinismos matemáticos, necessários como espinhas dorsais dos principais comportamentos: mas compreensivelmente se limitou a enfatizar o emprego judicioso de aproximação. O curioso foi não se ter reconhecido, na época, que os subsolos e solos, comparativamente inertes, incorporavam uma grande parcela da imensurável complexidade já reconhecida nos elementos da Natureza viva. Casagrande, por exemplo, em 1965, declarou contundentemente (obra da barragem de Três Marias) que se recusava a ouvir as palavras Estatística-Probabilidades: que “seu princípio inabalável era, tendo um maior conjunto de ensaios, empregar o parâmetro mais crítico”! Quando se lhe expôs que com aumento do número dos ensaios o valor mínimo tenderia a diminuir, criando o paradoxo de que quanto mais se investigue maior resultaria o F , replicava convencido “mas é preciso que os ensaios sejam inquestionavelmente bem feitos”. Prevalencia inquestionado um princípio iluminístico profético do mentor “experiente” criador das sistematizações e parâmetros, e, portanto criador dominante da criatura: não se inquiria como um geotécnico acólito adquire a necessária titulação e seria ungido na seleta categoria. Seria muito pretender-se que Terzaghi em final de carreira de atuações pontuais bem sucedidas em incalculável variedade de problemas, fosse adentrar em mais um campo distinto e exigente. Pode-se afirmar por envolvimento próprios que na Geotecnia internacional a introdução do assunto se deu (1) em nível laboratorial na Escola de Engenharia de São Carlos, por introdução do Prof. Ruy Leme, 1956, e (2) em nível de obras no M.I.T., pelo Prof. Dr. Allin Cornell em inícios de 1967 por solicitação com relação à revisão do projeto da Barragem de Alibey, Istambul, e presunção de se procurar avaliar o azar de incidência de sismicidade decorrente da falha do Bosforo, relativamente próxima.

De conformidade com terminologia adotada há vintena de anos (ver capítulo 2 de Estatística-Probabilidade EP) o Azar corresponde à Probabilidade da ocorrência do evento temido, e o Risco incorpora a Probabilidade dos danos provocáveis pelo azar, específico, segundo a ocasião.

Na Geotecnia os princípios teóricos, intuídos e matematicamente formulados, são imutáveis: isto tanto por motivo de toda a bagagem acumulada da experiência corrente, como para qualquer pretensão de “passar o bastão” para o que se postule como mais correto. Porém as complexidades e erraticidades tornam imperioso o emprego da EP. Resumindo ao mínimo, as erraticidades abrangem todos os passos: amostragem; manuseio de corpos de prova e ensaios; parâmetros extraídos; erros teóricos insuspeitos; métodos de cálculo das previsões (projetos preliminares ou nominais); decisões. Principalmente nos três últimos passos intervêm muito as Normas e Códigos e a multiplicidade de “escolas de conceito e ensino” que nunca se compararam ou coordenaram.

A fim de evitar discussões estéreis teológico-determinísticas o único recurso podia ser a realização de Desafios de Previsões comparadas com resultados logo em seguida Obtidos, DPOs. O primeiro realizou-se no M.I.T. 1974 (cf. Item 2.1 capítulo 2). Seus resultados, analisados estatisticamente têm-se apresentado surpreendentemente frustrantes.

Versões corrigidas e aprimoradas de tais DPOs são imperiosas, conforme se ressalta adiante (item 15). Incita-se a que se adote um sistema de repetição do mesmo DPO sem custo nenhum, pela anonimização judiciosa, preservando os itens globais dominantes, de Previsões-Projeto e Obtidos: enquanto isto submetido a alteração inquisitiva caso a caso, os principais parâmetros e passos entre começo e fim da tarefa profissional. A indispensável incorporação de azares e riscos que variam muito de obra a obra, constituirá um passo adicional ainda nunca enfrentado nas DPOs, embora constitua a meta inexorável de toda a prática profissional.

Acatado o conceito probabilístico rejeitando as prescrições determinísticas de fatores de segurança intuídos e arbitrados, obviamente se rejeitam as pseudo-correlações e mesmo as médias, sem intervalos de confiança, estabelecidas via alguma estatística de primeiro grau, não-especificada, linearizada, das rotinas leigas. Já o primeiro Desafio de Previsões Comparadas com resultados Obtidos (DPOs) em obra específica programada abriu à compreensão a erraticidade prevalecente há trintena de anos. Aumentaram os desafios, singulares e caros, obviamente, com o grande aumento de “escolas” de práticas, praticante, e problemas. A insistência em previsões Tipo A (Ref. 22) de Lambe (cf. Item 2.1 do capítulo 2) chegou a revelações tão repetidamente desconcertantes que afugentaram os praticantes, quer da tentativa de interpretar, quer de rever suas práticas. No capítulo 2 se exemplificam procedimentos para ampliar muito os frutos das investigações, inclusive de graça.

Em toda e qualquer obra tem que ser consideradas as atitudes de, e perante, Três Clientes: o Direto, o Indireto, e o mais recentemente ressaltado, a Influência Ambiental, realmente primordial. Não há obra civil sem meta e conseqüência de influência ambiental: o problema está em comparar o quanto beneficia a quantos, e prejudica a outros (recompensáveis); é assunto ecológico pluridisciplinar exponencialmente mais complexo.

O cliente Direto, único considerado até quase o presente, aceita azares e riscos diferenciados desde que a relação benefício/custo (predominantemente financeiro) atenda a sua meta empresarial. Instantaneamente se transfere de obra A para a B se suas previsões o sugerem. O cliente Indireto é a profissão e a Sociedade que sem o saberem, e confiantes na decisão-ação SIM/NÃO, arcam com os ônus em sua qualidade-de-vida quando os prognósticos de cliente Direto levarem a “custos” maiores do que probabilisticamente calculados.

1.5 Visão Mnemônica dos Fatores Intervenientes nas Obras Civis.

Deixem-se de lado os fenômenos tectônicos de sismos e vulcanismos cujas periódicas ocorrências e eventuais recorrências são tão erráticas, e danos possíveis tão imensuráveis que os Anglo-Saxônicos sabiamente os classificam de “Acts of God”.

Dentro do âmbito tangível, vêm-se fortes razões para se encarar os fatores nos três níveis altimétricos, de cima para baixo: (1) fenômenos meteorológicos-hidrológicos. As temperaturas, ventos, e chuvas ou neves e gelos, constituem agentes atuantes de muita erraticidade e recorrência. (2) A topografia e sua cobertura ambiental. Constituem a transição marcadamente observável e insinuante afetada pelos agentes incidentes de cima e condicionada pelo subsolo geológico-geotécnico: sua variação é bem lenta, excluídos os episódios locais e periódicos que representam as rupturas de nossa preocupação. Face ao conceito intrínseco da tendência à peneplanização geológica, relembra-se (Ref. 23) que os taludes naturais se situam ao redor de $F \approx 1$ perante episódios críticos e que a “Natureza não tem que zelar por um prestígio ou responsabilidade perante nossas pretensões”. (3) Finalmente reporta-se aos materiais do “regolito”, relativamente estático à nossa escala de tempos de vidas pessoais e de obras. Reporta-se também aos materiais granulares da área circundante, de usos para obras. Tudo começa por reportar à geologia, da qual em milhares a centenas de milhões de anos é gerada a constituição do subsolo. Não se pode olvidar ou renegar a ancestralidade provedora dos “genes primordiais”. Refere-se às bases da atuação da especialização geológico-geotécnica, que a seguir se submete a apreciação mais pormenorizada.

Não se admite encarar qualquer obra civil de porte² sem um retrato liminar da geologia regional e local. Porém, já em vista meramente das escalas físicas das

² Note-se que um grande conjunto de edifícios modestos de habitação popular é tão merecedor de tal qualificação quanto um edifício especial de 50 andares.

duas profissões complementares, perde sentido qualquer presunção de amalgamar. As feições geológicas são avaliadas às escalas de centenas a dezenas de metros (ver item 4), incompatíveis quer com qualquer teorização histórica determinística, quer com as da meta EP do presente Livro. Atente-se para a seqüência exponencialmente decrescente dimensional de nossas obras e trabalhos. São realizadas às escalas de metros a décímetros; sofrendo deformações totais às escalas de centímetros a milímetros; e, modernamente comportando-se com tais deformações integradas, a partir de medidas em ensaios e obras especiais, às escalas de deformações específicas de 10^{-4} (cm/cm).

A partir das orientações geológicas resultam principalmente os reconhecimentos sugeridos dos contínuos e descontínuos. Em seguida sempre se sugeriu, e há uma vintena de anos é perfeitamente viável, recorrer à estratégia do jogo infantil da “batalha naval”. Todas as sondagens, poços, trincheiras, galerias, devem ser assim otimizadas. Imaginem-se os esforços para encontrar uma feição subvertical mediante perfurações verticais? Pois todas as investigações tem que buscar “afundar” (matar a questão) o “porta-aviões ou cruzador” (o descontínuo): se falhar, automaticamente serve para caracterizar o contínuo, “o mar”.

Observe-se, ilustrativamente, uma das incongruências herdadas. Toda e qualquer análise de estabilidade de barragem compactada apoiada sobre terreno questionável emprega um só F para toda a superfície deslizante, passando pela barragem e pelo subsolo. Ora, o subsolo é postulado na base de, digamos, sondagens de 7,5m de diâmetro a distâncias, quando mínimo, da ordem de 30m centro-a-centro: resulta uma amplíssima faixa de confiança. Enquanto isto um aterro compactado, meticulosamente selecionado, executado, inspecionado, e ensaiado, facilmente garante faixa de confiança mais apertada do que (95; 5%). Como manter ainda a arbitrariedade de um só F para toda a superfície deslizante?

O assunto supra diz respeito a problema de ruptura direta, em que os primórdios admitiam a equivalência dos comportamentos de deslizamento por ser tudo

“rígido”. Sob o ponto de vista de recalques diferenciais, potencialmente perigosos para barragens, incidem discrepâncias despercebidas de mesma natureza. De Mello (Ref. 24 - Rankine) havia comentado o fato de que uma barragem de núcleo vertical estreito tão importante quanto a de Infiernillo, 150m, México, inclusive sujeita a sismos, já havia recalcado (em tigela) uniformemente cerca de 1% da altura sem qualquer problema. Merece pronta ressalva explicativa a interveniência da faixa de confiança EP. Com a barragem apoiada sobre rocha todo o comportamento foi (e continua) suficientemente uniforme enquanto que se/quando apoiada sobre subsolo de variabilidade e erraticidade corrente, a conseqüência em Azar será bem diferente. Recalques de tal ordem por compressões de subsolo de apoio exigem muita cautela e mesmo rejeição, pela faixa de confiança potencial muito ampla implícita.

Em síntese aplicável a toda a Geotecnia teórica e prática, resulta muito conveniente a indispensável, repartir os agentes atuantes, passivos, e resistentes nos três níveis denominados altimétricos.

1.6 Solos Caracterizados Bifurcados, Granulares e Plásticos: Parâmetros Únicos Intuídos nos Primórdios.

As caracterizações e classificações primordiais decorreram das duas percepções humanas dominantes, visual e táctil. Solos granulares, não-coesivos, permeáveis, relativamente uniformes (sedimentações calmas repetitivas) e incompressíveis, com alto atrito, tudo associado às granulometrias: em contraposição os solos argilosos de tacto saponáceo (escorregadio), plásticos, coesivos, impermeáveis, compressíveis, geralmente de difícil sedimentação de uma suspensão de “água suja”. Passaram a ser assim consagradas para uma finalidade profissional restrita de fácil aceitação/rejeição por múltiplas qualificações, as sub-bases compactadas para aeroportos. Como as principais atenções do autor eram especialmente reconhecidas e respeitadas com relação às argilas, a despeito da classificação formalizada ter rejeitado esta categoria como inaceitável para os aeroportos (sub-

bases compactadas), em função do prestígio que os demais mentores lhe auferiam, ela foi estendida para presumir abranger em subcategorias todas as caracterizações de todos os solos, para todos os fins.

Em importante aparte sedimentológico relembra-se que todos os assuntos das feições de estratos sedimentares são racionalmente associáveis a princípios inexoráveis da “seleção natural” segundo as leis da física e físico-química. Começa com as erodibilidades comparativas por escoamento superficial resistido principalmente pela coesão: são mais vulneráveis os siltes e areias finas loessicas sem micro-cimentação. As micro-limonitizações superficiais por ciclos de molhagem-evaporação, tão patentes nos trópicos, chegam a ser muito mais resistentes do que as argilas muito plásticas, pois as argilas sofrem inchamentos-contracções, ou, nos climas dos mentores Nórdicos, os danos de gelo-degelo (razão pela qual Taylor, Casagrande et al. consideravam a coesão do sobreadensamento como temporária, não confiável). Distinguem-se as participações das retro-erosões subterrâneas junto ao fundo de escarpas, condição generalizada análoga ao caso localizado do “piping”, processo gerador das bossorocas com periódicos desmontes em talus. Segue-se a diferenciada atuação do arraste e transporte e das deposições, remoções, e redeposições dos bancos e barras de areias fluviais, episódios unitários seqüenciais, tudo dependente das velocidades de declínio da última enchente no leito permanentemente submerso: no leito maior da calha fluvial, dependendo do intervalo entre duas submersões o quadro é fortemente alterado pela vegetação que tiver vingado entrementes. Distinguem-se acentuadamente os despejos dos solos arrastados no fundo de geleiras espessas, despejos estes que produzem as enormes variabilidades de petrografias, granulometrias, e compacidades, predominantemente fofas, liberados no fundo, nos chamados “eskers”. Segundo declaração explicativa pessoal de Peck (Ref. 25), a recomendação de Terzaghi-Peck (Ref. 3) de se considerar o recalque diferencial máximo de sapatas de um edifício como equivalente ao próprio máximo previsto de todo o projeto decorria da experiência oriunda de tais eskers. Finalmente, para a “física e senso comum”

associado à “seleção-natural” conjugada com a Estatística-Probabilidades intuitiva, resultam bem compreensíveis as condições de sedimentações marítimas quaternárias (dos ≈ 11000 anos atribuídos ao último grande desnível oceânico da ordem de 90m).

As praias de areias finas muito uniformes, cinzas a marrons, como características de ocorrerem em taludes muito brandos, com ondas bem modestas: as de areias médias a grossas claras compactas em taludes mais inclinados, sob ondas regulares algo mais fortes. Em ambas as condições, a garantia da uniformidade e da elevada compacidade está associada à apertada faixa de confiança das ondas de muita recorrência: qualquer volume de areia que não resistir à pequena variabilidade da erodibilidade regular é removido e substituído com as características médias adequadas. Também sob raciocínios idênticos se entendem os “barrancos” fofos de maior granulação formados no alto da praia por episódio de temporal e ondas fortes. O fato de se encontrarem estratos de espessura uniforme subhorizontal transicionando, por exemplo, da areia média para a argila, tem que estar associado a muito significativa alteração (batimetria e topografia influentes) que terá gerado a mudança. Mesmo com camadas depositadas à inclinação no limite estável-instável de, diga-se, 1V:10H, o topo da camada será “decepado” em nível horizontal com a supravieniente condição sedimentológica, ou erosiva.

Retornando, para fecho, à classificação de Casagrande, postulada e presumida útil para todos os fins previsíveis, levantam-se inúmeras objeções. A criação de grupos começando com uma dicotomia absoluta, não faculta encaixar casos intermediários a mixtos: ademais os subgrupos também arbitrariamente separados só avançam do primeiro para o segundo grau de Ignorância, ambos explicados e ilustrados no item 2.2, capítulo 2. Seguramente não há ganho nenhum nem de caracterização nem de abreviação telegráfica em criar subgrupos SC, CH, etc... em vez de definir cada argila pelos seus dois Limites de Atterberg (atualizados) se

acatados como úteis, W_L e W_P : por exemplo, são totalmente diferentes as duas argilas CH, especificamente W_L60W_P25 e $W_L220 W_P65$.

Deixam-se de lado duas outras críticas liminares de irracionalidade. Uma, a de que o gráfico emprega para abscissa um parâmetro determinado por ensaio, o W_L , mas estranhamente o I_P para a ordenada. Ora, sendo o I_P determinado pela diferença entre o W_L e o W_P , pela teoria dos erros, seus valores são os sujeitos a maiores erros, por probabilidade aditiva (item 2.1, capítulo 2) sendo a diferença entre dois parâmetros INDEPENDENTES sujeitos a erros distintos.

Ainda por último para o presente item introdutório reitera-se a impropriedade gráfica de pretender destringir caracterizações de diferenças mediante o esquema gráfico adotado pelo qual não se ocupa senão os 45^0 inferiores da figura. Nem o W_P nem o I_P podem jamais igualar o W_L , por definições. Assim, se o esforço ainda merecesse interesse, caberia tomar uma relação de tangente de W_P^∞ para a ordenada, para ocupar os 90^0 . Também pela escala ampla de W_L entre quase zero e cerca de 400%, a abscissa poderia ser melhor representável em semilog.

Mas, acima de tudo, a classificação é toda erroneamente concebida, por se basear fortemente em ensaios destrutivos embora na discussão de fecho Casagrande tenha declarado que os comportamentos dos solos em condição indeformada devessem ser também judiciosamente encaixados. Reproduzem-se dois dos múltiplos “diagramas triangulares” que constaram do próprio artigo (Fig. 1.6.1) (p. 906), estéreis, e que não resultaram minimamente superados pelo novo esquema gráfico e agrupamentos. Finalizando o assunto, cabe mencionar que segundo a experiência profissional pessoal, de 1949 em diante, com exceção de Casagrande na Barragem de Três Marias (1957), nenhum mentor ou profissional experiente jamais se referiu aos “subgrupos” (CH, SC etc...) da classificação mencionada, em comparação com a mera menção dos próprios parâmetros de Atterberg (1911). A referência de Atterberg (1911) é melhor consignada pelo trabalho de Casagrande, A., 1932 (Ref. 26).

LEGENDA:	2 - AREIA (AR)	4 - TERRA VEGETAL (TV)
1 - ARGILA (ARG)	2.1 - AR ARGILOSA (ARGLS)	4.1 - TV ARGLS
1.1 - ARG ARENOSA (AREN)	2.2 - AR AREN	4.2 - TV ARG AREN
1.2 - ARG SILTOSA (SILTS)	2.3 - AR SILTS	4.3 - TV ARG SILTS
	3 - SILTE (SIL)	4.4 - TV AREN
	3.1 - SIL AREN	4.5 - TV SILTS

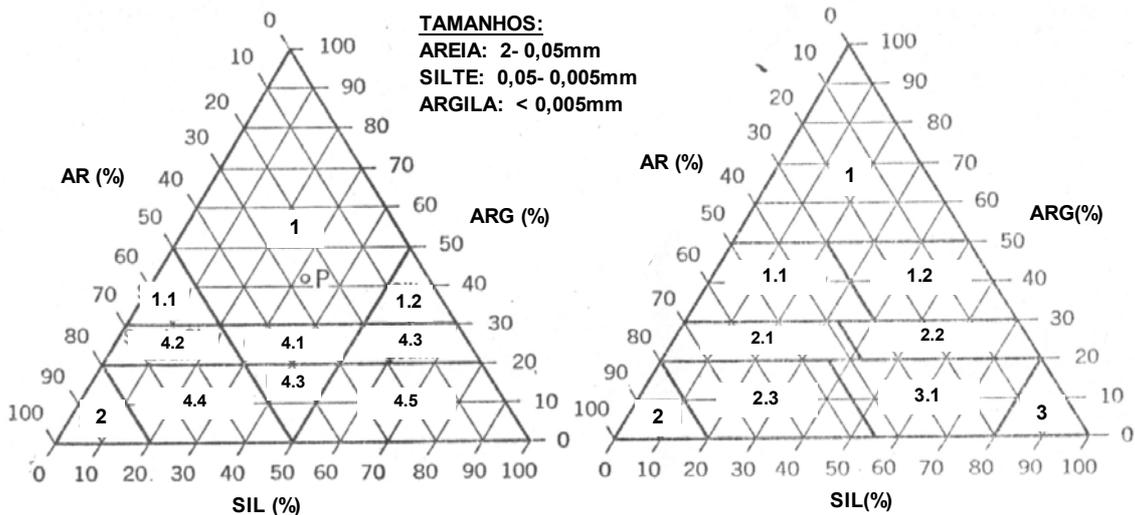


Fig. 1.6.1 – Francas diferenças de origem na composição dos solos via “diagramas triangulares” de tamanhos das partículas. (Apud Casagrande, Ref. 26).

Quanto às qualificações descritivas de areias argilosas ou argilas arenosas, e demais casos de substantivos qualificados, são os comportamentos dominantes que recebem o substantivo, e o comportamento secundário o conjugado adjetivo. Este pormenor consta implícito nas teorizações relativas à própria teoria de Terzaghi quanto às pressões neutras (Refs. 19, 20 e 21).

Reapreciando a origem das classificações percebe-se sua origem puramente acadêmica de começar por presumir partir de partículas unitárias classificadas por tamanhos normais de peneiramentos e/ou sedimentações, sem ou com defloculantes otimizados e para que? Mas, recompor comportamentos de solos baseados em proporções de tamanhos de partículas indiscriminadas quanto a outras qualificações resulta francamente em absurdo inconcebível (Fig. 1.6.2).

Dispensa-se reverter adicionalmente às reiteradas críticas (Ref. 12) ao conceito e formatação do gráfico de Casagrande.

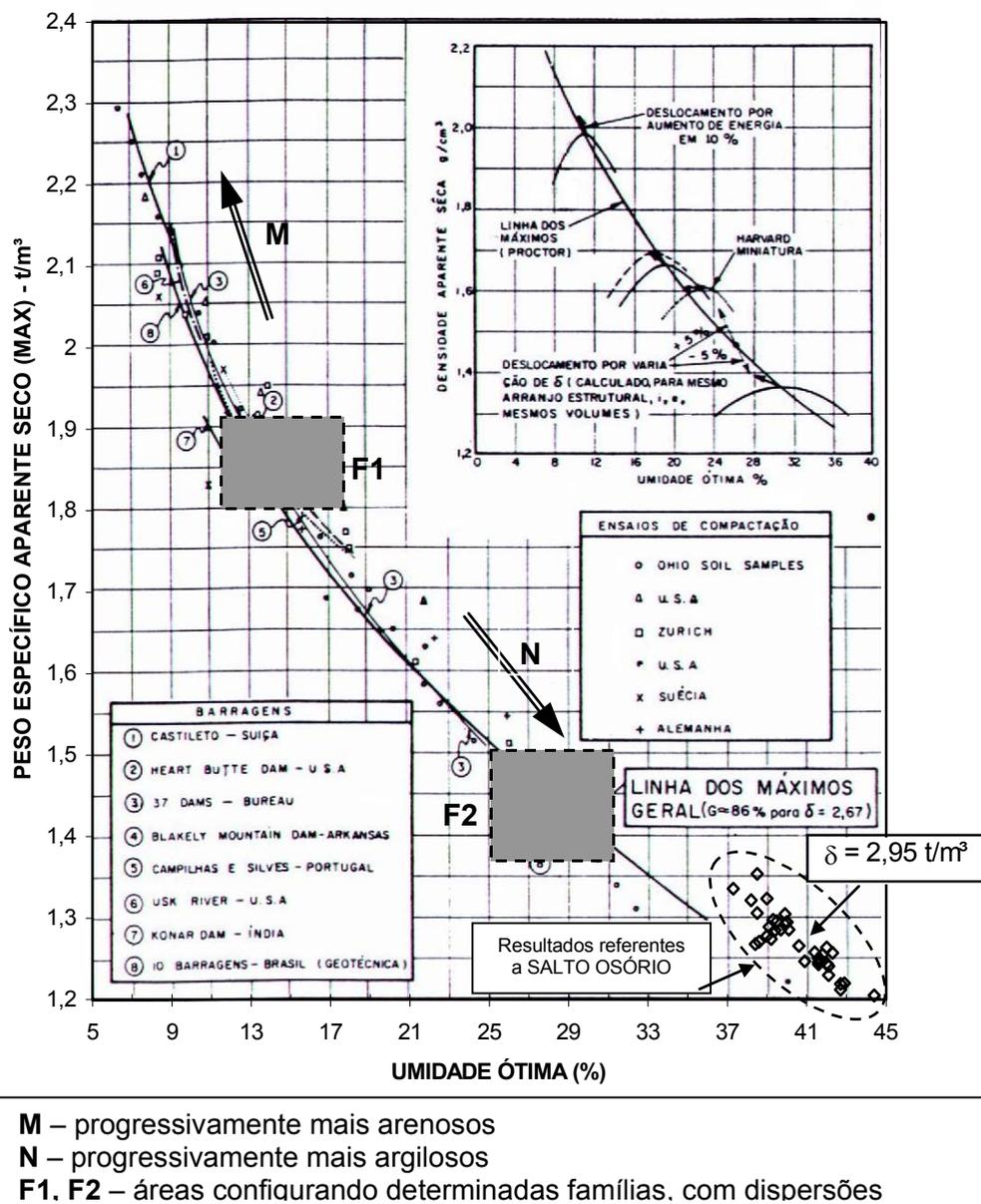


Fig. 1.6.2 – Aplicabilidade da “curva de ótimos” de compactações para classificações, com participação das partículas tais como estão. (Apud de Mello Ref. 27)

No uso da compactação (Fig. 1.6.2) como base é reconhecido existirem diferentes energias (aplicadas e absorvidas): o imprescindível é reconhecer o embutimento

de diferentes pressões de précompressão da compactação, dominante como pressão horizontal afora pequena tensão capilar, o assunto é tratado em separado sob diversas facetas mas, basta que é rara (ser existente) a análise de estabilidade em que não seja usada como solicitante a pressão vertical, e esta como σ_1 .

De qualquer forma os conceitos prevalecem, será fácil normatizar para diferentes origens dos solos componentes (com suas nucleações) e diferentes energias de compactação que como elas estarão.

1.7 Inquestionável necessidade, estagnada(nte) ao longo dos 80 anos decorridos.

A inquestionável necessidade da geotecnia geológica-civil é de submeter todas as Receitas e Pseudo-correlações a questionamentos e progressivos avanços via EP. Questionar ambos os lados das equações. Todos os parâmetros foram únicos abrangendo todos os solos alocados em determinados grupos segundo ensaios únicos e destrutivos, sob NORM.

Assim, por ex., enquanto os sedimentos são gerados a partir das partículas unitárias, e a elas merece ser referida a classificação granulométrica otimizadamente defloculada: nos residuais e saprolíticos é importante reconhecer e respeitar as “nucleações” (“grumos”) micro-cimentadas, e não-deflocular. [N.B. Também são totalmente diferentes, em origem e resultados as porosimetrias, conforme adiante se explicita]. Não hesitar em subdividir em grupos as equações providas: experimentar regressão dupla, p. ex. com outro parâmetro intuído como possivelmente interveniente. Todo o histórico foi justificadamente provido sob forte necessidade da generalização simplificada unificada, e sob maior F.I.G mesmo com obras muito menores.

Adiante se menciona as interveniências das NORM, COD e ISOs conforme impostas, particularmente para as regiões “novas”, diferentes e ditadas pela sociologia de copiar os líderes, estrangeiros.

1.8 Bases da Razão, e da Elaboração, de Todo o Conceito do LIVRO e CAPITULO 2 Sub-Itens 2.1 e 2.2.

Em seguida, CAPITULO 2, se apresentam os conceitos básicos motivantes do presente modesto e ousado, porém árduo esforço. São duas as percepções dominantes. Prioritariamente, o predomínio de Desafios de Previsões contra observações (DPOs) de comportamentos, relativamente modernos, que resultaram em relações de resultados entre $1/3$ e 3 vezes, até mesmo $1/5$ e 5 vezes. Ademais, o fato de que todos estes Desafios têm sido do tipo A de Lambe (Ref. 22), caríssimos e cada vez mais sofisticados. Segundo, o fato de que com o crescente abismo entre Acadêmicos e a Prática Profissional permanecem diminutas as publicações em que se encontre qualquer influência quer ao problema almejado corrigir, quer ao procedimento EP e às múltiplas vantagens vislumbra(das)(veis). Nos recursos à EP, liminarmente rejeitar média(s)(nas), só referindo aos extremos, não-exceder e não-deficitar.

Uma postulação complementar, abordada no item 3.1, resume a surpresa pessoal de como a ausência do procedimento simplificado convidativo preconizado levou a duas teorizações mais minuciosamente conceituadas, ainda mais afastantes da prática; o Limit Analysis Method L.A.M. da plasticidade e o Critical State Soil Mechanics CSSM de uma composição de cada fase, a elástica com a da plasticidade, ambas “puras”. Ambas se propõem, para o presente propósito pessoal, como de descarte preferido.

1.9 Pequenos Conceitos Contudentemente Intervenientes a Gravar para Todo o Sempre.

1.9.1 Rupturas são Ditadas por Força (F)-Deslocamento.

Na superfície em cisalhamento a RUPT se efetiva com deslocamento equivalente a milhar(es) de diâmetros nominais das partículas, e nos casos de tração, mais rígida, até bem menos. Em tais percursos diminutos a F se mantém aprox. constante (dentro da dispersão corrente) quando $F \approx M\sigma_v$. Se a RUPT for planar, ou mesmo de superfície curva composta como polígono, existem persistências dos planos componentes: portanto há, ipso facto, fins das persistências, e entre tais fins, as denominadas “pontes” de trechos são.

Nas análises pelo MÉTODO da LINHA DE DESLIZAMENTO (“SLIP-LINE-METHOD”) que ocorre em solos Rígido-Friáveis de subsolo ocorrem com freqüência tais comportamentos (nos ensaios triaxiais cilíndricos convencionais, a alteração da tradicional curva tensão-deformação específica, para a representação como um cisalhamento direto).

1.9.2 Cargas Moles e Duras.

Decorrente das barragens-gravidade e Mecânica das Rochas firmou-se este importante conceito, associado à enorme desproporção das cargas e as diminutas deformações cisalhantes para alcançar a RUPT e queda acentuada da s_{resist} . As cargas moles são as que em princípio permanecem constantes até a RUPT e pós-RUPT. Em contraposição as duras são as que dependem acentuadamente da deformação para seu desenvolvimento, de interesse precípua até a RUPT.

1.9.3 Erraticidades Muito Distintas, nos Subsolos (solos in Natura) Comparado com os Conforme Construídos na Boa Prática.

São muitos os casos em que resulta analisar superfícies de ruptura que abrangem cruzar um trecho em obra construída de boa execução e outro em subsolo. É indispensável reconhecer que são sempre enormemente diferentes as complexidades e erraticidades (SDs) da obra de boa execução padrão e as dos solos: seja por enormes distâncias e volumes intercalados e representados por diminutas sondagens, seja ao inverso por planos da poligonal, de acamamentos predispostos ao deslizamento (ex. uma banda mais micácea num saprolito de gnaiss, ou um mini-deslizamento progressivo rígido-friável em argila altamente pré-adensada, etc.)

Em solos contendo micro superfícies planares imperceptíveis como a argila de Londres, os assuntos de suas influências surgiu em discussão sobre o tamanho da amostra para ser representativa. A apreciação e conclusão foram parciais. Existe também a transferência do tamanho da amostra e/ou ensaio para o tamanho da superfície deslizante da obra em análise. Depende-se em princípio da diferença EP entre contínuo e descontínuos. No contínuo lida-se com a média, e portanto quanto maior a amostra representativa (sem perda de qualidade) melhor. Lidando com descontínuos nas dimensões maiores aumentam as probabilidades de interveniências tanto das discontinuidades; as Os têm que ser aproximadamente conferidas estatisticamente

Em todos tais casos as análises de AZs e RISKS tem permanecido muito questionáveis por este motivo entre outros. Desculpando-me candidamente por possíveis lapsos tomo a liberdade de confessar não ter adentrado no EUROCODE, mas de ter estranhado as insistências com o fck, de 95% IC.

1.9.4 Comportamentos Reais Ditados por Tensão-Controlada, Inclusive Tempo.

Decorre do princípio Força-Deslocamento. A preocupação prioritária pela RUPT obrigou ao desvio para os ensaios a deformação-controlada, inclusive com as definições de estados pós-ruptura com o τ “último” (“ultimate”). A determinação do “pico” da RUPT tentou retornar empregando molas muito (e progressivamente mais) sensíveis, que diminuem a tensão, mendido-a, à medida que se aproximava do pico com deformação aceleradamente incrementada. Mas o pico procurado continu(a)(ou) ilusivo. Toda a teorização geotécnica continua com a dicotomia de ensaios a deformação-controlada, e realidade a tensão-controlada.

Referência resumida é feita ao importante efeito do tempo, mesmo ensaios “perfeitamente” drenados. A única pesquisa meticulosa, de vários anos, deve-se a Bishop-Lovenbury (Ref. 28) mostrando que abaixo de $F_s \approx 1,1$ uma argila, que deveria tender a melhorar pela compressão secundária, pode subitamente reverter para a RUPT, mesmo rápida.

1.9.5 Projeto-Obra Representam SIM/NÃO de Decisão/Ação. Três Clientes.

O primeiro Cliente, direto, é quem paga pela obra e a encara como investimento, para a lucratividade almejada: desloca-se instantaneamente para qualquer lugar do mundo que considere mais convidativo. Aceita AZs e RISKS de período construtivo que lhe pareçam mais lucrativo. Quanto a AZs e RISKS de período a vida operacional, que podem inclusive ser catastróficos para terceiros, estes afetam o segundo Cliente, a Sociedade em geral e o Poder Público, devendo ser controlados preventivamente. Este segundo Cliente é também liminarmente o grande público, que confiando nos especialistas, sofre em qualidade-de-vida por obras encarecidas desnecessária ou arriscadamente. O terceiro Cliente seria e foi liminarmente o primeiro, o Ambiente; não há obra civil sem influência ambiental; mas tal a sua complexidade, e demais fatores populacionais que só foi lembrado

por último, há quinzena de anos. O que cabe é reconhecer a quantos quanto beneficia, e a quantos prejudica, a quem amplamente compensar. Entra pesadamente afetando os dois primeiros clientes.

O fato é que há milhares de possibilidades, que colapsam para centenas de probabilidades, que por sua vez colapsam para uma só dicotomia determinística Decisão/Ação, e suas ulteriores conseqüências.

1.9.6 Rupturas Ensinam Cenários: o Proveito para Qualificações Probabilisticamente Quantificantes é Difícil.

É fácil entender. As rejeições liminares, absolutas, e totais de qualquer RUPT tornaram tais episódios pertencentes à Estatística dos Extremos, difícil de quantificar salvo por exageros impossíveis de definir.

Referências

- 1 - Terzaghi, K., 1943 "Theoretical Soil Mechanics", Chapman & Hall, London, Wiley, N.Y.
- 2 - Taylor, D.W. 1948 "Fundamentals of Soil Mechanics", Wiley, N.Y.
- 3 - Terzaghi, K. e Peck, R.B., 1948 "Soil Mechanics in Engineering Practice", Wiley.
- 4 - Chellis, R.D., 1951 "Pile Foundations: Theory, Design, Practice", McGraw-Hill.
- 5 - Tschebotarioff, G.P., 1952 "Soil Mechanics, Foundations and Earth Structures", McGraw-Hill.
- 6 - Leonards, G.A. Editor. 1962 "Foundation Engineering", McGraw-Hill

7 - Terzaghi, K. e Peck, R.B. (1962) "Mecânica dos Solos na Prática da Engenharia". Traduzido por Costa Nunes, A.J., e Campello, M. de L.C.

8 - de Mello, V.F.B. (1951) "Química Coloidal e algumas propriedades de argila", Rev. POLITÉCNICA, Ano XLVII, nº 160, pg. 31-37.

9 - de Mello, V. F. B. (1951), Anais da Ass. Bras. de Mecânica dos Solos, Vol. I, 6 artigos.

10 - de Mello, V. F. B. (1952), Anais da Ass. Bras. de Mecânica dos Solos Vol. II, 4 artigos, e discussões.

11 - de Mello, V.F.B. (1953) "Vibrações provocadas por detonações e danos conseqüentes". Revista do Instituto de Engenharia, Vol. 12, n. 136, pp. 153-160.

12 – de Mello, V.F.B. 1953, 1954, 1955. Uma série de 4 artigos sucessivos, Mackenzie:

(a) "Classificação e identificação dos solos" – I Parte. Revista de Engenharia Mackenzie, 38, n. 121, pp. 3-18, Nov/Dez.

(b) "Condições de solicitação de elementos de solo" – II Parte. Revista de Engenharia Mackenzie, 38, n. 122, pp. 21-28.

(c) "Compressibilidade volumétrica, adensamento e recalques" – III Parte. Revista de Engenharia Mackenzie, 40, n. 124/125, pp. 27-45.

(d) "Contribuição ao estudo da Resistência ao cisalhamento dos solos". Revista de Engenharia Mackenzie, ano XLII, n. 133, Set-Out. 1956.

13 - de Mello, V.F.B., (1954) Anais do 1º Congresso de Mecânica dos Solos, Porto Alegre, Vols. I, II, III.

14 - de Mello, V.F.B., (1955) Revista ENGENHARIA, do Instituto de Engenharia, Vol. XIII, Ano XIII, nº 143, Março 1955: com oito artigos, e uma Notícia de Obra Brasil-Bolívia.

15 - Costa, F.V. (1956) "*Estacas para Fundações*", Lisboa. 2ª Edição, promovida por de Mello, V.F.B. e o Centro Acadêmico Horácio Lane, E.E. Mackenzie, S.Paulo.

16 - Schiel, F. (1957) "Estática de Estaqueamentos", Publ. Nº10, Escola de Engenharia de São Carlos – USP.

17 - "*Mecânica dos Solos para Engenheiros Rodoviários*". Traduzido por Evelyn B. Silveira e Araken Silveira, 2 Volumes, Edgard Blucher, 1959.

18 - de Mello, V.F.B. e Teixeira, A.H. (1960) "Mecânica dos solos, fundações e obras de terra" Vols. 1, 2, Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

19 - Goodman, R. E. – 1999 "Karl Terzaghi. The Engineer as Artist" – American Society of Civil Engineers – ASCE Press.

20 - Bishop, A.W. et al, 1975 "The influence of pore-water tension on the strength of clay", Philosophical Transactions of the Royal Society of London, A. Mathematical and Physical Sciences, 278, 1286, 511-554.

21 - Bishop, A.W. & Skinner, A.E. 1977 " The influence of high pore-water pressure on the strength of cohesionless soils" Philosophical Transactions of the Royal Society of London, A. Mathematical and Physical Sciences, 284, 1318, 91-130

22 - Lambe, T.W., 1973, "Predictions in soil Engineering", Geotechnique, 23, 2, pp. 149-202

23 - de Mello, V.F.B., 1972, Guest Lecture, "Thoughts on Soil Engineering applicable to residual Soils", 3rd Southeast Asian Conference on Soil Engineering, Hong Kong, Nov., pp. 5-34

24 - de Mello, V.F.B., 1977, 17^a Ranking Lecture – "Reflections on Design Decisions of Practical Significance to Embankment Dams", Geotechnique, vol. 27, n^o. 3, pp 279-355.

25 - Peck, R.T. et al, 1987, "Philosophy of landslide risk evaluation and acceptance", Proc. 5th Int. Conference on Applications of Probability and Statistics in Soil and Structural Engineering (ICAP5), Vancouver, B.C., Canada, published as Reliability and Risk Analysis in Civil Engineering, II, pp. 946-952

26 - Casagrande, A., 1948, "Classification and Identification of Soil", American Society of Civil Engineers, vol. 113, pp. 901-930

27- de Mello, V.F.B., 1971, "Método de Hilf. Estudo de Aplicabilidade", Usina Hidrelétrica Salto Osório, VIII CBGB

28 - Bishop, A. W. & Lovenbury, H.T., 1969, "Creep characteristics of two undisturbed clays". VIII ICSMFE, Mexico, vol. 1, pp. 29-37.