

2ª Sessão Técnica:

ENSINO E PESQUISAS

Relator: Victor F.B. de Mello

Possivelmente será verdade o fato que um assunto provoque tanto mais ponderação e debate quanto menos ele tenha merecido a devida colocação na rotina da vida de uma sociedade. Provavelmente de qualquer forma o assunto que me cabe relatar, por desmerecida escolha entre colegas melhor qualificados, induzirá tanto mais debate construtivo quanto menos eu ocupe o tempo atribuído para fazer uma exposição que inevitavelmente ficará muito aquém do conjunto de apreciações que esta Sessão reunirá.

O tema proposto, apesar de palpitante, não chegou a catalizar a apresentação de trabalhos escritos: ironia das aparências, visto que lembra apenas a eloquência do silêncio que se faz perante o tudo que haveria a dizer. Por onde começar, perante tema tão vasto, numa atualidade quase calamitosa, que, porém, prenuncia estarmos naquele limiar muito positivo do velho ditado Inglês ... "the darkest hour comes before the dawn"?

Procurarei cumprir minha missão propondo tópicos individuais para debate e eventual apoio ou rejeição pelo plenário. Não posso negar refletir-se nas minhas proposituras o contexto de uma experiência nitidamente pessoal dentro da qual, num ciclo de 30 anos, por períodos variáveis, porém sempre intensamente, fui submetido aos impactos da sobrevivência competitiva sob os sistemas educacionais Português, Suiço, Inglês, Americano, e o nosso próprio, em que acompanho também as fases primária e secundária através dos meus filhos. Todavia, não poderei me estender na discussão das razões múltiplas que me levaram a cada uma das teses oferecidas, reservando-me para fazê-lo conforme se evidenciar desejável durante e após os debates.

Aproveito o ensêjo para lembrar ao plenário - que o Terceiro Congresso Panamericano de Mecânica dos Solos e Fundações, a realizar-se em Caracas em Julho de 1967, resolveu criar uma Divisão V, especial, intitulada "Evaluacion de la Mecanica del Suelo en las Americas. Censos de Centros de Investigacion y sus programas. Enseñanza de la Mecanica de Suelos en las Americas", para a qual concitam todas as universidades e as associações nacionais a apresentarem trabalhos que permitam conhecer a verdadeira capacidade de cada país de participar em investigações conjuntas, ou complementares entre países distintos. Tenho certeza que, a despeito das múltiplas tarefas e mesmo vicissitudes - que frequentemente nos assolam, nós não faltaremos ao lugar de destaque que é nosso, entre as associações e nações irmãs.

15

1- Formação

Não é possível discutir-se pós-graduação e pesquisas, sem se examinar, pelo menos de relance, os problemas da própria formação.

Julgo que todo o ensino primário, secundário e colegial precisa ser grandemente reformulado, tanto em seu conteúdo, como em seu modo de apresentação e de absorção, para que prepare muito maior porcentagem de gente para viverem natural e culturalmente no mundo moderno científico-tecnológico, e para que mantenha integrada em suas múltiplas tarefas, mutuamente complementares, toda a sociedade a despeito das violentas transformações a que se vê e verá submetida. Nosso ensino é patentemente dominado pela cultura de letras e pela concomitante preocupação enciclopédica de acúmulo de conhecimentos, na qual as disciplinas matemáticas e científicas entram como um vírus ou infecção, tal como o sarampo, catapora ou demais inevitáveis doenças escolares, criando na maioria dos membros normais e sadios da sociedade os salutarres anticorpos.

Quais seriam a meu ver algumas das principais medidas práticas a implantar imediatamente para início da reformulação que ardente e patrioticamente desejamos?

1.1- Transplantar as Escolas Normais para dentro do seio das Universidades

As jovens professorinhas a quem a Nação entrega a missão de maior responsabilidade - a de moldar a própria forja de seu desenvolvimento - é preciso prover os meios para se formarem dentro do ambiente de choques e sínteses intelectuais do mais alto nível que somente as cidades universitárias bem estruturadas poderão dar.

1.2- Manter permanentemente nas Universidades os cursos de atualização e de aperfeiçoamento de professores primários, secundários e colegiais

Ensino não é uma carreira, se o estudo também não o for concomitantemente. Cursos intensivos, a tempo integral, em períodos de férias, são uma solução excelente. Reconhecendo o baixo nível de remuneração de todos os níveis de professorado, mas rejeitando as soluções simplistas criticabilíssimas da concessão de aumentos generalizados, sugiro que os cursos de atualização constituem excelente solução para a correção-

critérioria da situação: sugiro pagar-se pelos cursos, tanto aos que os ministrem como aos que os frequentem, e conceder-se aumentos significativos de promoção aos que merecerem aprovação.

- 1.3- Na reformulação dos currículos julgo altamente recomendável reverter ao sistema que dilue ao mínimo as compartimentalizações, quer do plano horizontal (disciplinas de um mesmo ano) quer do plano vertical.

A subdivisão da educação e do saber em campos distintos rígidos é evidentemente uma das grandes arbitrariedades que só a ignorância se permite perpetuar e acentuar. É preciso até certo ponto substituir disciplinas compartimentalizadas (ótimas para a alienação de informação) por alguma indisciplina entre matérias, obrigando todos a viverem corriqueiramente as principais experiências da geometria, álgebra, física, geografia, etc., tudo jogado num belo pot-pourri formativo.

Tôdas as dez ou doze matérias em que atualmente é subdividido o currículo devem ser dadas conjunta e colateralmente, com revisões rápidas de ano em ano, e ampliações sistemáticas subsequentes em crescendo gradativo. Por que motivo a álgebra ou geometria ou química serão relegadas para mais tarde? Só para se criar um complexo de que pertencem a um mundo mais difícil? Ora se podemos na mais tenra infância aprender a convenção de que $5 + 5$ se escreve 2×5 ou 10 , por que não poderemos também ir aprendendo de mansinho - que 5×5 se escreve 5^2 e de mesma forma $a \times a = a^2$? Enfim, os exemplos são múltiplos, para que reconheçamos o totem perante o qual vivemos prostrados. A memória e compreensão exigidas para que se aprenda que H_2 e O_2 mais oxigênio fazem água, não é maior do que para se conhecer os nomes de todos os municípios ao longo da Estrada de Ferro Paulista: a curiosidade, grande catalista, de qualquer forma será muito maior em relação ao primeiro. Seria altamente salutar que nossa juventude passasse a saber "intuitivamente" as leis da eletricidade ou do comportamento dos gases, sem que desconfiasse que se trata de física ou que estaria perante as leis de Ohms, Boyle e Gay-Lussac.

Perante estas observações do mal gravíssimo, recôndito, que um sistema educacional pode estar fazendo à formação de um indivíduo ou de uma sociedade, saliento que considero um erro muito sério a separação do curso colegial nas compartimentalizações de

"científico" e "clássico". O problema vislumbrado, da progressiva especialização, se resolve de uma forma construtiva, pelas matérias eletivas.

- 1.4- Dentro da conceituação de um ensino formativo, é indispensável ampliar fortemente a participação ativa dos alunos, resolvendo problemas, fazendo trabalhos, preparando relatórios, etc. Só se aprende fazendo, e não ouvindo dizer como se faz

Este ponto é particularmente importante perante a formação do engenheiro civil, visto que nunca enfrentará problemas iguais. A própria formação mental do gosto pelo problema diferente ou novo, que é imprescindível, além de existir nata em certos indivíduos, pode ser despertada e desenvolvida em outros.

- 1.5- É indispensável não perder de vista que o ensino visa preparar o homem para viver integrado na sociedade, e portanto, em todas as formulações dos diversos graus de ensino, é importante que participem pessoas representativas dos demais graus, e de outros setores da vida da sociedade.

A formulação do ensino não pode ser atribuída ou relegada somente aos próprios professores. É um princípio universal não se deliberar em causa própria. Assinalo que no M.I.T. a comissão que formula a política educacional inclui representantes dos ex-alunos, e demais homens notáveis da engenharia, da indústria, e do ensino, eleitos periodicamente, incluindo apenas poucos entre os próprios professores. As comissões de pais entre nós só penetraram por enquanto em problemas gerais das escolas de grau inferior e médio. Não confundamos meios com fins. A sociedade dita quais os fins desejados do produto industrial da indústria escolar: os professores respectivos serão os artifices especializados dos meios para alcançar o fim colimado.

- 1.6- Passando a considerar o ensino superior (da engenharia civil) como ápice natural da pirâmide de formação que acima discutimos, começamos por assinalar que persistem as recomendações dos itens 1.2 a 1.5, já agora porém com maior especificidade e em grau mais intenso.

Admitamos que o engenheiro praticante (projetista e/ou construtor) deva ser o produto industrial

básico das escolas de engenharia. O engenheiro-criador ou engenheiro-cientista, o especialista, e o professor surgirão por seleção dentro da rotina da formação do engenheiro praticante, devendo representar a fração dos 3 a 10% mais entusiásticos e competentes de cada turma em cada assunto.

A reformulação ampla e criteriosa do ensino da engenharia civil é indispensável; porém, enquanto o ensino superior estiver recebendo a matéria prima insuficientemente formada, apenas poucos passos poderão ser tomados independentemente da revisão dos graus inferiores. Por exemplo, a manutenção de topografia - na posição exagerada que ocupa, só se explica pelo cordão umbilical que liga nossa engenharia civil atual à engenharia civil, acentuadamente ferroviária, do fim do século passado, e pelo fato de que quem discute a reformulação do currículo é a congregação, na qual um dos mais venerandos membros é o professor de Topografia. Em contraposição passa despercebida a inexistência de disciplinas de Hidrologia na grande maioria de nossos cursos.

Resumindo, acho que, por exemplo:

(a) para a formação do engenheiro praticante, resulta nociva, em geral, a separação da parte inicial do curso numa parcela fortemente físico-químico-matemática intitulada de curso Fundamental;

(b) a criação de departamentos deve ser procurada não em função de ligações históricas aparentes, mas com vistas à provocação de uma fertilização cruzada construtiva: por exemplo, vislumbraria ser muito profícua a criação de um Departamento de "Elementos de Posição" dentro do qual se colocariam disciplinas referentes às condições atmosféricas (Meteorologia, Hidrologia), às condições de superfície (Topografia), e às condições de subsolo (Geologia - escala macroscópica; Solos - escala humana); tal Departamento indubitavelmente minguará a Topografia à sua escala natural, e favorecerá a formação mental adequada do engenheiro civil através da fusão de mentalidades conjuntamente indispensáveis: perspectivas globais (hidrologia e geologia), raciocínios probabilísticos (hidrologia), raciocínios experimentais (solos), respeito de discontinuidades aleatórias (mecânica das rochas), raciocínios humildes (geologia).

Em contraposição, parece-me evidente que Solos e Estruturas representam uma fusão fadada à esterilidade.

2- Cursos de pós-graduação: atualidade

Discutimos alguns dos problemas da formação do profissional sob o postulado de que os cursos de pós-graduação devem depender dos cursos regulares. Passemos agora em revista rápida a situação atual de cursos de pós-graduação na engenharia civil, e especificamente na Mecânica dos Solos e em seus campos afins.

Segundo informações que consegui coligir (e que o plenário corrigira oportunamente) existem atualmente cursos de pós-graduação na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, na Escola Graduada de Ciências e Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, e na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Resumo as anotações dos dois primeiros, absolutamente distintas.

2.1- Escola Politécnica, U.S.P.

Instituído em 1964, reconhecida a necessidade de implantação de cursos regulares de pós-graduação, resultante de:

(a) Disposição dos Estatutos da U.S.P., em virtude da qual serão dispensados os instrutores que, findo o prazo de quatro anos, não houverem sido aprovados em curso de pós-graduação.

(b) Crescente demanda de profissionais possuidores de conhecimentos mais avançados em ramos específicos da engenharia do que os obtidos em cursos de graduação.

A solução dada de acordo com o Novo Regulamento da Escola resume-se no desenvolvimento dos Cursos de Pós-graduação nos Departamentos, a cada Departamento correspondendo um curso, que compreende necessariamente 4 disciplinas (mínimo de 3 pelo Regulamento), cada qual com duração de um ano letivo. Incumbe ao Conselho de Professores do Departamento propor a estrutura do curso, isto é, as disciplinas que o constituirão, podendo os cursos ser desenvolvidos durante o prazo máximo de cinco anos a contar da data da inscrição a primeira das disciplinas. Além das aulas (mínimo, média e máximo de 30, 40 e 50 por disciplina) fazem parte integrante de cada disciplina, seminários a serem desenvolvidos por cada um dos participantes. O aluno aprovado (com nota de aproveitamento igual ou superior a 7 e com frequência mínima de 85%) em quatro disciplinas faz jus ao "Certificado de Aprovação em Curso de Pós-Graduação" e fica habilitado à inscrição para defesa de tese de título de doutor.

No Departamento de Engenharia Civil (Estruturas e Construções) foram e estão sendo ministradas, nos anos de 1964, 1965 e 1966, as seguintes disciplinas:

- 1964: (1) Barragens (1ª Parte): Hidráulica, geologia, barragens de terra e de enrocamento
(2) Planejamento Urbano e Regional
- 1965: (1) Barragens (1ª Parte): Hidráulica, geologia, barragens de terra e do enrocamento
(3) Barragens (2ª Parte): Estruturas
(4) Planejamento Territorial
(5) Matemática para Engenharia de Estruturas
- 1966: (4) Planejamento Territorial
(5) Matemática para Engenharia de Estruturas
(6) Cálculo de Estruturas de Concreto Armado em Regime Elástico-Plástico.

Concomitantemente o Departamento de Engenharia Civil (Hidráulica e Transportes) ministrava os seguintes cursos de pós-graduação:

- 1964: (1) Hidrologia geral
(2) Processos biológicos de tratamento de águas residuárias
- 1965: (1) Hidrologia geral
(3) Vias expressas
- 1966: (4) Condutos livres
(5) Túneis; projeto e construção
(6) Curvas Ferroviárias.

Após as experiências de 1964 e 1965 foi introduzida, no ano de 1966, uma inovação, subdividindo-se os alunos inscritos em duas categorias: de pós-graduação e de aperfeiçoamento. Os inscritos nesta última categoria deverão ter 70% de frequência às aulas e ser aprovados em um exame final, ficando dispensados dos seminários.

Todo começo é meio caminho andado, desde que se pretenda continuar andando. Reconheçamos, porém, que por enquanto não foram estruturados cursos de pós-graduação, nem quanto ao conteúdo nem quanto à forma, e às exigências; atendem-se prementemente a imposições legais, evitando o sumário esvaziamento dos quadros de instrutores da Escola.

2.2- Escola Graduada de Ciências e Engenharia da P.U.C.

Em 1965 foram implantados os cursos pós-graduados de Engenharia Civil (Estruturas e Recursos Hidráulicos) visando a qualificação ao título de Mestre em Ciências. A duração mínima do programa para obtenção do título é de 12 meses, com o candidato em regime de tempo integral; admite-se, a critério da Direção, candidato em regime de tempo parcial com duração máxima do programa de mestrado de 36 meses. O currículo consta das seguintes disciplinas comuns às duas modalidades (estruturas, e recursos hidráulicos), além das eletivas:

1º Período: Matemática Superior I (Equações diferenciais e soluções, por diferenças finitas, por séries, etc. Funções de Legendre, Bessel, Hermite, Gauss, Lequerre); Hidromecânica Avançada I; Análise de tensões (Tensões de membrana em cascas, etc.). Vigas sobre fundações elásticas. Teoria bidimensional da elasticidade, etc. Círculo de Mohr para três dimensões); uma disciplina eletiva.

2º Período: Matemática Superior II (Análise vetorial, etc., equações diferenciais parciais, etc., funções de variável complexa, integrações de funções complexas, etc.); Problemas de Geotécnica (problemas de interesse do Engenheiro Civil no campo da Geologia, Mecânica dos Solos e Mecânica das Rochas); duas disciplinas eletivas; um seminário.

3º Período: Tese

Considerando a necessidade de escolha de disciplinas eletivas assinalamos entre as disciplinas por enquanto oferecidas as que teriam algum interesse para a presente sessão: - Análise avançada das estruturas; Teoria da plasticidade; Teoria das cascas; Barras de concreto; Dinâmica das estruturas; Engenharia de Recursos Hidráulicos; Laboratório de hidráulica.

Representa notável passo adiante a implantação de cursos de pós-graduação em regime de tempo integral. Observa-se porém as inevitáveis dificuldades de implantação que no presente caso se evidenciam sob duas facetas marcantes: por um lado a tendência de imitação do M.I.T., inclusive chegando à injustificável exigência de hidromecânica avançada na opção de Estruturas, presumivelmente por motivo de interferência catalisante de um Programa Interamericano de cooperação estabelecido pelo M.I.T., com referência a

recursos hidráulicos; por outro lado, o condicionamento às limitações de disponibilidades de corpo docente.

2.3- Resumindo, é inescapável concluirmos que, por enquanto, não existem senão as primeiras fracas tentativas de instalação de verdadeiros cursos de pós-graduação de engenharia civil entre nós. O que poderemos esperar com relação à constituição de tais cursos na Mecânica dos Solos? Permito-me salientar que em determinados cursos do currículo regular de engenharia civil, se está exigindo e conseguindo - mais do que alhures se intitularia de pós-graduação. Por exemplo, na Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, a partir de 1964 a cadeira de Mecânica dos Solos tem funcionado com quatro disciplinas, intituladas: Ciência e Reologia dos Solos, no 1º semestre da quarta série; Maciços e Obras de Terra, no 2º semestre da quarta série; Fundações e Elementos Enterrados, no 1º semestre da quinta série; Mecânica das Rochas, no 2º semestre da quinta série: As primeiras duas disciplinas com seis aulas semanais (2 teóricas, 2 práticas, 2 laboratório), a terceira com cinco (2 teóricas, 3 práticas) e a quarta com três (1,5 teórica e 1,5 prática). E desde a sua instalação a Escola sempre exigiu Trabalho de Formatura, tendo sido muitos os trabalhos realizados junto à cadeira de Solos, todos representando trabalho maior do que o dos Seminários apresentados no curso de pós-graduação da Escola Politécnica.

3- Sugestões e temas para debate

3.1- Cursos de pós-graduação

3.1.1- Sugiro que se distinga claramente entre (a) cursos de extensão ou complementação e atualização universitária, e de divulgação profissional; e (b) cursos de pós-graduação propriamente ditos.

Os primeiros têm entrado na moda. Inegavelmente importantíssimos, não passam, porém, de ciclos de palestras em determinado assunto. Sem coordenação entre ciclos consecutivos ou entre as palestras de um mesmo ciclo, dispersos no espaço e no tempo, sem exigências de proficiências mínimas iniciais, nem de real trabalho dos participantes, sem exames finais efetivamente destinados à apuração do aproveitamento, não podem constituir um curso ou partes de um curso de pós-graduação.

Quanto aos segundos, acho que por enquanto - realmente não existem no âmbito universitário.

Ressalto com interesse o fato de que os Cursos de Especialização de Pavimentação Rodoviária do Instituto de Pesquisas Rodoviárias parecem-me representar, entre nós, a iniciativa mais evoluída dentro do tipo de estrutura integrada que se deseja de cursos de pós-graduação. Provavelmente deve seu êxito à sua formulação em torno de um setor específico, bem definido, da prática profissional.

3.1.2- Nos cursos de pós-graduação propriamente ditos, é indispensável distinguir entre dois intuitos básicos: (a) a intensificação e o aprimoramento da prática profissional; (b) a formação, ampliação e seleção de um corpo docente, e o possível treinamento de uma mentalidade de consultoria e de pesquisa.

3.1.3- Quanto aos primeiros (3.1.2 (a)), é indispensável reconhecer: a conveniência de restringir a campos definidos de especialização profissional; a necessidade de estruturação de um verdadeiro curso completo, a tempo integral, intensivo, com tôdas as exigências de provas vestibulares e de aproveitamento; a conveniência de se estruturar cada um de tais cursos em um só centro, mais apropriado, no País; a conveniência do espaçamento de tais cursos a cada x anos (x variável de 1 a 5 de acordo com o mercado da especialidade; diria 3 a 4 anos em Mecânica dos Solos e aplicações) para reunir no País inteiro um número suficiente de interessados diretos realmente qualificados (15 a 20 alunos, e mínimo de 2 a 3 professores a tempo integral como espinha dorsal do quadro docente).

Não me deterei a propor já o currículo para um curso de Pós-graduação de Mecânica dos Solos. Basta ver como diferem os brilhantes cursos das Universidades de Illinois (Ralph B. Peck e equipe), e de Harvard (Arthur e Leo Casagrande, e equipe) e o do M.I.T. (Lambe - Whitman, e equipe) para se reconhecer que haverá necessidade de ampla e criteriosa discussão para se estabelecer um currículo adequado para a primeira tentativa. Admitindo que seja aceita a idéia de um só centro nacional para sede de tal curso, saliento que a formulação do currículo não pode ficar a cargo de uma escola, ou um professor e sua equipe, mas deveria ser cuidada pela própria Associação, evitando os perigos de uma visão restritiva. Geologia, mecânica das rochas, estatística, materiais e ensaios de ma

teriais, hidrologia subterrânea, etc., são disciplinas formativas indispensáveis.

3.1.4- Quanto à formação e seleção do corpo docente, desnecessário será afirmar que o julgamento da aceitabilidade de um jovem instrutor para prosseguir na carreira docente, não deve ser tornado dependente de uma legislação remota e fria. Uma sociedade não se dignifica nem se engrandece, sem aceitar a responsabilidade de julgar, para louvar ou punir.

Honestamente creio que não teremos entre nós, de imediato, os meios adequados para eicientemente cuidarmos da criação de cursos para a formação de docentes. O processo que postulo como indispensável será o de se acelerar o ritmo de contratação e seleção de jovens instrutores, enviando os que se demonstrarem promissores para realizarem doutoramentos no estrangeiro. Para mantermos um ritmo mínimo de desenvolvimento assim como de recuperação dos atrasos em vastas regiões, deveria atualmente cada cadeira ampliar seu corpo em não menos do que 15% por ano. Ora considerando que segundo as estatísticas da ASCE de que na prática da engenharia ocorrem em geral da ordem de 3 contratações para se alcançar um empregado bem talhado para as funções previstas (no ensino talvez a proporção devesse ser maior do que 3:1) resulta que anualmente todas as cadeiras deveriam estar contratando novos instrutores na proporção de 45 a 50% do corpo existente, e rejeitando cerca de 30% após comprovado não atenderem realmente as funções.

Como vamos pretender melhorar o ensino e a pesquisa se a única seleção que ocorre é a do jovem indivíduo se dispôr a aceitar, e permanecer, em emprego tristemente subremunerado? Insistimos em esquecer que o continente não define o conteúdo, que nem todo o indivíduo que por acaso ingressa numa universidade é professor nato, ou o que se empregue em instituto de pesquisa se defina como pesquisador.

3.2- Pesquisa

A pesquisa se subdivide em três grandes setores: pesquisa bibliográfica, pesquisa laboratorial, e a pesquisa de campo e da observação do comportamento de obras.

Até o presente nos ambientes universitários predominou o conceito de que pesquisa significa pesquisa laboratorial. Infelizmente, porém, os desenvolvimentos do equipamento de ensaio e de medida no estran

geiro têm sido e continuam sendo tão explosivos, quietos os nossos trabalhos que pretendam a análise teórica em função de ensaios laboratoriais, correm o risco de ficarem eivados de senões.

Sugiro que nos dediquemos intensamente às análises teóricas em função da pesquisa bibliográfica, - simultaneamente servindo para digerir a literatura estrangeira e transplantá-la para atender a nossas necessidades locais. Por outro lado, recomendo que mantenhamos e ampliemos grandemente nossos esforços no sentido da pesquisa de campo e de obras, não somente como campo frutífero de pesquisa generalizada, mas - também, concomitantemente, como meio de se permitir - ao engenheiro a verdadeira culminação de sua própria formação através da apreciação do resultado concreto de seus cálculos e decisões.

Num País em que o "turn-over" dos que trabalham em engenharia é assustadoramente rápido é indispensável que cuidemos seriamente de experiência sobre o comportamento de nossas obras.

4- Resumo dos cursos disponíveis, e dos requisitos mínimos estabelecidos em algumas universidades Americanas para o mestrado em Mecânica dos solos, fundações e obras de terra.

4.1- Universidade de Illinois

Exigência mínima de 9 unidades em cursos

a) Engenharia de fundações

Interpretação de condições do subsolo com relação à sua influência sobre a escolha do tipo de fundações e o comportamento respectivo; análises de capacidade de carga e de recalques; resistência; investigações do subsolo; natureza dos solos em terrenos naturais 1 unidade

b) Mecânica dos Solos

Identificação, descrição e classificação dos solos: índices físicos, e ensaios de caracterização; propriedades hidráulicas; propriedades tensão-deformação; resistência; exploração do subsolo; características de sedimentos típicos 1 unidade

c) Mecânica dos Solos Aplicada

Aplicação da mecânica dos solos a fundações de edifícios; estabilidade de taludes; empuxos de terra e muros de arrimo; escoramentos; danos devidos a

- operações construtivas 1 unidade
- d) Aspectos de engenharia pertencentes a solos superficiais
- Uso de informação geológica e pedológica, e de técnicas de interpretação aerofotográfica para prever propriedades dos solos, e planejar levantamentos geotécnicos. Trabalhos de campo. 1 unidade
- e) Projeto de pavimentos, I
- Análise e métodos de medida das propriedades de superfície relacionadas com comportamento de veículos: fatores que afetam durabilidade de pavimentos; desgaste devido ao tráfego, clima, ação química, efeitos conjuntos; projeto de constituição de pavimentos rígidos e flexíveis para garantia de propriedades adequadas da superfície de rolamento, da capacidade de suporte, de resistência ao desgaste, estabilidade e durabilidade 1 unidade
- f) Projeto de pavimentos, II
- Projeto estrutural de pavimentos rígidos e flexíveis; carregamentos típicos, cargas estáticas, dinâmicas e cíclicas; distribuição de tensões pelas camadas do pavimento, fatores que afetam a distribuição, métodos de análise; avaliação da capacidade de suporte do sub-leito; critérios para escolha de valores para projeto 1 unidade
- g) Água subterrânea
- Um curso avançado, inter-disciplinas, sobre água subterrânea; hidro-geologia; hidrodinâmica do fluxo através de meios porosos; hidrologia de água subterrânea; hidráulica de poços; análise hidráulica de percolação; poluição de água subterrânea; recursos hidráulicos subterrâneos 1 unidade
- h) Empuxos de terra e estruturas de arrimo
- Teorias clássicas e modernas de empuxos de terra, e suas justificativas experimentais; pressões, e bases de projeto de muros de arrimo, escoramentos de escavações a céu aberto, cortinas ancoradas, enseadeiras, tuneis e bueiros 1 unidade
- i) Barragens de terra e problemas afins
- Fundamentos de problemas de estabilidade de taludes; percolação em seções mistas e materiais anisotrópicos; métodos de análise de estabilidade; mecanismo de ruptura de taludes naturais e artificiais; compactação; observações de campo 1 unidade

j) Determinação de propriedades geotécnicas

Trabalho de laboratório e de campo em amostragem de solos, classificação e ensaio; estudos experimentais de parâmetros e teorias da mecânica dos solos moderna, com ênfase nas aplicações a problemas de projeto. Ensaio incluem os de permeabilidade, adensamento, cisalhamento direto, e compressão triaxial. A orientação de pesquisa é empregada para salientar interpretações e limitações dos dados na prática.

1 unidade

k) Mecânica dos solos

Estudos avançados de técnicas de investigação na mecânica dos solos e engenharia de fundações

1 unidade

l) Engenharia de fundações

Estudo crítico de casos de projetos na engenharia de fundações; procedimento corrente para projeto e execução de fundações, obras de terra, e obras portuárias

1 unidade

m) Engenharia de solos para transportes

Problemas de classificação de solos; apreciação da estabilidade de solos, naturais e compactados, como bases, em taludes, e em aterros; efeitos do clima, de propriedades dos solos, da compactação, e de aditivos estabilizantes sobre a estabilidade da sub-base

1 unidade

n) Problemas Especiais

Investigações ou estudos individuais, escolhidos pelo aluno e aprovados pelo professor que os supervisionará. No ano de 1965 foram indicados os seguintes tópicos dentro do campo de Mecânica dos Solos e das Rochas:- Dinâmica dos solos e das rochas; problemas de inter-relação solo-estrutura; análise de dados de campo; propriedades físico-químicas dos solos; estabilização dos solos; fundamentos da mecânica das rochas; medidas de campo e de laboratório de propriedades das rochas; mecânica das rochas aplicada à engenharia civil.

4.2- Universidade Northwestern, Evanston, Illinois

Cursos básicos ministrados nos campos da Mecâ

nica dos Solos e da Geologia. Mecânica dos Solos I, Mecânica dos Solos II, Mecânica dos Solos III; Água subterrânea e percolação; Reologia dos solos; Dinâmica dos solos; Física e química dos solos; Interpretação aerofotográfica; Projeto de pavimentos para estradas e aeroportos; Seminário de Problemas Especiais de Mecânica dos Solos; Formação dos solos e sedimentos; Glaciação; Sedimentação; Geologia física avançada; Princípios da geofísica; Geomorfologia.

4.3- Massachusetts Institute of Technology

O programa de mestrado em mecânica dos solos compreende os seguintes cursos, os primeiros seis correspondentes ao primeiro semestre, e os demais ao segundo semestre.

a) Mecânica dos solos teórica, I.

Construção e interpretação de redes de percolação para solos isotrópicos e anisotrópicos, homogêneos e não-homogêneos. Solução da equação de adensamento unidimensional para várias condições iniciais e de limites; introdução à teoria de adensamento tridimensional. Distribuições de tensões no maciço elástico semi-infinito. Soluções de Rankine e Coulomb para empuxos ativos e passivos. Dedução das equações e dos coeficientes de capacidade de carga de Terzaghi. Análise de estabilidade de taludes.

b) Mecânica dos solos teórica, II.

Problemas avançados do adensamento tridimensional. Equações de Kötter; teorias modernas de empuxos de Brinch Hansen e Sokolovski; teorias de plasticidade aplicadas aos solos.

c) Comportamento dos solos

Estudo pormenorizado das propriedades dos solos, com ênfase nos métodos de sua determinação no campo e no laboratório, e da interpretação de dados experimentais para uso na prática. Adensamento; resistência ao cisalhamento; comportamento tensão-deformação de argila saturada, com ênfase na influência da amostragem, dos diferentes estados de tensões, e do meio circundante; resistência e compressibilidade de solos granulares; propriedades geotécnicas de solos compactados; permeabilidade e capilaridade.

d) Tecnologia dos solos

Mineralogia dos argilo-minerais e princípios da química coloidal e sua aplicação à compreen-

são do comportamento de solos argilosos. Composição química e mineralógica dos solos; forças e elétricas inter-partículas; natureza da água adsorvida; conceito da textura e estrutura dos solos e sua aplicação na interpretação e previsão do comportamento geotécnico da argila, com referência particular às influências do meio circundante (temperatura, fluido intersticial etc.).

e) Dinâmica dos solos

Fundamentos do comportamento dinâmico dos solos com relação a efeitos de explosões, sismos e vibrações de fundações. Comportamento tensão-deformação tempo dos solos para condições de variações rápidas de tensões; análise de tensões e deformações dinâmicas em massas de materiais simulando solos. Propagação de ondas unidimensionais em materiais elasto-plásticos e visco-elásticos; introdução a fenômenos de propagação de ondas a três dimensões; aplicação a problemas de efeitos explosivos. Formação de crateras e movimentos do terreno na circunvizinhança. Movimentos do terreno em sismos: estabilidade de taludes e de barragens sujeitas a sismos. Teorias de vibração de uma massa apoiada sobre um semi-espaço elástico; aplicação a problemas de vibrações de fundações.

f) Física de sistemas argila-água

Natureza e possível magnitude de forças que atuam em nível submicroscópico em sistema argila-água. Ênfase na química cristalina e estrutura cristalina dos sílico-minerais laminados; teoria da dupla camada elétrica, forças de Van Der Waals em sistemas de argilas, termodinâmica de sistemas argila-água com ênfase especial em fenômenos de absorção.

g) Física de sistemas granulares

Desenvolvimento de leis tensão-deformação para agrupamentos granulares, considerando deformações e escorregamentos nos contactos entre grãos individuais. Teoria Hertz-Mindlin do comportamento de contacto entre duas esferas; sistemas ideais de arranjos de esferas elásticas; arranjos a êsmo de esferas elásticas. Emprêgo da teoria para a organização de dados tensão-deformação observados em materiais naturais.

h) Mecânica dos solos avançada

Consideração de princípios de mecânica dos solos incluindo: composição do solo, tensões efetivas, influência do fluxo d'água sobre o comportamento do solo, pressões neutras despertadas durante carregamento sem drenagem, problemas de recalques por adensamen

to, empuxos, resistência ao cisalhamento e problemas de estabilidade.

i) Obras e estruturas de terra

Estabilidade de taludes materiais e de cortes. Projeto de barragens de terra e aterros, incluindo investigações do subsolo, escavações e drenagem, - considerações de estabilidade e percolações, especificações e controle de construção. Medidas de campo, de recalques, pressões neutras, percolações, etc. Históricos de casos.

j) Fundações

Tipos de fundações e de estruturas de arrimo, incluindo escavações, sapatas, estacas, muros de arrimo e cortinas. Exploração do subsolo, exame econômico, operações construtivas, projeto. Ênfase sobre análises de recalques e de capacidade de carga e métodos de observação no campo. Estudos de modelos e históricos de casos.

k) Mecânica dos solos experimental

Determinação laboratorial de propriedades dos solos, com ênfase em técnicas experimentais. Classificação dos solos; ensaios de adensamento com medidas de pressões neutras; resistência ao cisalhamento das argilas em ensaios de palheta e de compressão simples; ensaios lentos e rápidos com medida de pressões neutras, empregando equipamento triaxial, de cisalhamento puro, ou de deformação plana; características de resistência - variação volumétrica - permeabilidade de argilas compactadas; capilaridade, estabilização, tixotropia, gelo-degelo.

l) Geologia aplicada à Engenharia

Geologia física avançada, considerando rochas, solos residuais e transportados com relação às origens geológicas, propriedades físicas; influência sobre o programa de investigações requerido e sobre o projeto de engenharia, e métodos de tratamento de situações indesejáveis, incluindo históricos de casos. Trabalho de laboratório na identificação de minerais e rochas, análise aerofotogeológica, e interpretação de mapas geológicos e seções estruturais.

m) Estudos especiais na engenharia de solos

Tópicos especiais desenvolvidos de acordo com o interesse dos alunos, a critério dos professores.