UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

ANÁLISE CRÍTICA DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E PROPOSTA METODOLÓGICA PARA CONDIÇÕES BRASILEIRAS

VOLUME I

Lázaro Valentin Zuquette

ORIENTADOR: Prof. Dr. Nilson Gandolfi

DEDALUS - Acervo - EESC

31100016644

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a Obtenção do Título de Doutor em Engenharia Civil:- Geotecnia.

São Carlos

1987

EESC-USP Biblioteca

AGRADECIMENTOS

- Ao Professor Dr. Nilson Gandolfi pela dedicação, orientação, paciência e apoio.

- À Fundação Universidade Federal de Mato Grosso, pela autorização de afastamento para realização do programa de doutorado.

- À FAPESP, pelo apoio financeiro, de auxílio para pesquisa e bolsa através dos processos 85/3678-6 e 85/0057-0.

- A todos os professores, funcionários e pós-graduandos do Departamento de Geotecnia que contribuíram para que fosse possível a elaboração deste trabalho, e

- A SONDOSOLO (Campinas-SP), por permitir o acesso aos seus arquivos técnicos.

"Mapa geotécnico requer para sua realização operações básicas de adição, seleção, generalização e transformações das informações especiais relativas a litologia e estruturas dos solos e rochas, hidrogeologia, geomorfologia e processos geológicos"

(Varnes, 1974)

"O ato de mapear refere-se ao ato de delinear áreas que são homogêneas ou aceitavelmente heterogêneas para as finalidades às quais o mapa está sendo realizado, e a apresentação normalmente é feita em bi-dimenssão, associada a palavras, letras, números, símbolos e outros caracteres que representam os atributos essenciais"

(Varnes, 1971)

"Mapa geotécnico é um tipo de mapa geológico que classifica e representa os componentes do ambiente geológico, os quais são de grande significado para todas as atividades de engenharia, planejamento, construção , exploração e preservação do ambiente"

(IAEG, 1976)

"Um bom mapa geotécnico é considerado o modelo mais ilustrativo do ambiente geológico servindo às finalidades de engenharia"

(Matula, 1976)

SUMÁRIO

VOLUME I

INTRODUÇÃO..... 001

I - SISTEMÁTICA PARA ELABORAÇÃO DE MAPAS

1- Considerações Gerais..... 005
- Tipos de informações..... 005
- Tipos de atributos..... 007
- Tipos de unidades..... 008

2- Meios e Classificações para a Composição dos Mapas..... 012
- Matrizes..... 013
- Variação temporal..... 015
- Agrupamento..... 015
- Divisão..... 017

3- Ordem dos Contatos..... 018

4- Representação das Variações Verticais..... 020

5- Operações Executadas sobre Mapas..... 024
- Generalização..... 024
- Seleção..... 027
  - Adição e Superposição..... 028
- Covariação..... 029
- Mecanismos de Mudanças..... 034
  - Transformação..... 034

6- Comentários Específicos para Mapas Geotécnicos..... 036

7- Mecanismos para Definir Unidades nos Mapas Geotécnicos..... 039

8- Princípios Gerais - Mapeamento Geotécnico..... 040
- Princípios Gerais..... 040
- Custos..... 042
- Tipos de Mapas Geotécnicos quanto a apresentação dos atributos..... 042
- Mapeamento Geotécnico como Indicador para o Planejamento..... 046
- Uso dos Documentos Resultantes do Mapeamento Geotécnico..... 052

II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1- METODOLOGIAS E SISTEMÁTICAS 055

- Metodologia P.U.C.E (Austrália).....056
- Metodologia da Espanha.....073
- Metodologia para Mapeamento de Áreas com Materiais Instáveis (Hinojosa e Leon (Espanha).....092
- Sistemas de Informações Geo-ambientais.....099
  - A.R.D.A.] CANADÁ
  - Ontário (a)] CANADÁ
  - Ontário (b)] CANADÁ
  - Suíça
- Metodologia - New Jersey (U.S.A).....108
- Metodologia de Kiefer (U.S.A).....158
- Metodologia da Inglaterra.....110
- Metodologia Proposta por Mathewson e Font.....116
- Metodologia ZERMOS (França) 118
- Sistemática Aplicada em Franconia (Froelich et alii) (U.S.A) 131
- Sistemática de M. Humbert.....155
- Metodologia - U.R.S.S.....136
- Sistemática de Bottino e Civita (Itália).....170
- Análise das Metodologias e Sistemáticas e Possíveis Adaptações.....183

II.2- BANCO DE DADOS

- Fundamentos.....196
- Princípio de um Sistema Dinâmico para os Mapas Geotécnicos.....196
- Vantagens e Desvantagens.....199
- Principais Bancos de Dados.....200
  - Sistema GEOSYS.....201
  - Banco da Cidade de Rouen.....203
  - Sistema GEORET.....206
  - Sistema TWEGS.....206
  - Banco de Dados Automático.....211
  - Banco de Dados TCHECO.....219
  - Banco de Dados Automático de Hasan e West.....220
  - Sistemas Adotados por Diversos Laboratórios Regionais do Ponts et Chaussées.....222
  - Banco de Dados Geotécnicos (Hungria).....222
  - Sistema Geoshare.....224
  - Conjunto de Programas Aplicados em Grenoble.....224

III - PROPOSTA METODOLÓGICA

Condições Básicas que Orientam a Elaboração da Proposta Metodológica 226

1- Introdução..... 227

- Porque os Mapas Geotécnicos..... 227
- Viabilidade da Metodologia..... 228
- Uso do Mapeamento Geotécnico..... 229
- Mapeamento Geotécnico..... 231

2- Usuários mais Comuns e suas Necessidades..... 232

3- Classes de Documentos Utilizados..... 236

- Mapas Básicos Fundamentais..... 236
- Mapas Básicos Opcionais..... 239
- Mapas Auxiliares..... 249
- Cartas Derivadas ou Interpretativas..... 250

4- Classificação dos Documentos..... 25

- Escala..... 25
- Finalidade..... 25
- Forma (maneira) de Apresentação das Informações..... 25
- Mapeamento Geotécnico em Escalas entre 1:100 000 e 1:250 000 25

5- Cartas Derivadas ou Interpretativas..... 26

- Atributos x Uso x Obtenção..... 26
- Carta para Erodibilidade..... 26
- Carta para Fundação..... 27
- Carta para Escavabilidade..... 28
- Carta para Deposição de Rejeitos Sépticos..... 28
- Carta de Materiais para Construção..... 30
- Carta para Estabilidade de Taludes..... 32
- Carta para Obras Enterradas..... 33
- Carta para Irrigação..... 34
- Carta para Obras Viárias..... 36
- Carta de Restrições Ambientais..... 37
- Carta para Orientação (Zoneamento)..... 37

6- Atributos.....380
- Obtenção e Observação.....380
- Trabalhos já Realizados.....380
- Mapas.....380
- Sondagens.....381
- Ensaios Realizados por Empresas Públicas e Privadas..382
- Confiabilidade dos Dados já Existentes.....382
- Uso de Fotografias Aéreas e Outras Imagens.....382
- Trabalho de Campo.....384
- Trabalhos de Superfície.....384
- Investigação de Subsuperfície.....385
- Trados Manuais.....385
- Poços e Trincheiras.....385
- Sondagens Geofísicas.....386
- Penetrômetros Alternativos.....389
- Onde (local) Obter os Atributos.....405
- Ensaios sobre os Materiais Rochosos e Inconsolidados....410
- Ensaios para Materiais Inconsolidados.....410
- Ensaios para Materiais Rochosos.....416
- Propriedades Estimadas.....423
- Permeabilidade.....423
- Compressibilidade.....426
- Expansibilidade.....431
- Resistência.....431

7- Classificações.....437

8- Simbologia.....452

9- Banco de Dados e Ficha de Dados Geológicos - Geotécnicos.....472

VOLUME III

IV - APLICAÇÃO
- Justificativa da Aplicação.....480
- Localização e Divisão Política.....481
- Aspectos Fisiográficos 484
- Geomorfologia.....484
- Aspectos Climáticos.....487
- Drenagem Geral.....487
- Vegetação.....490
- Componentes do Meio Físico.....492

- Geologia..... 492
- Materiais Inconsolidados..... 525
- Águas..... 555
  - Subterrânea 555
  - Superficial..... 563
- Cartas Interpretativas..... 565
  - Carta das Condições Hidrogeológicas..... 565
  - Carta para Fundações..... 569
  - Carta de Erodibilidade..... 574
  - Carta para Rejeitos Sépticos..... 575
  - Carta das Condições de Escavabilidade..... 578
  - Carta para Irrigação..... 579
  - Outras Considerações..... 580

V - CONCLUSÕES..... 582

VI - LISTAGEM BIBLIOGRÁFICA
- Mapeamento Geotécnico..... 590
- Áreas afins..... 657

TABELAS

TABELA 01- Exemplo de Unidades taxonômicas.....044

TABELA 02- Níveis de Planejamento x Componentes do Meio Físico.....053

TABELA 03- Sistema de Nomenclatura para Províncias.....060

TABELA 04- Sistema Numérico para Nomenclatura de Modelo de Terreno.....063

TABELA 05- Sistema de Classificação dos Solos.....062

TABELA 06- Sistema de Classificação da Vegetação.....062

TABELA 07- Sistema para Nomenclatura de Unidades de Terreno.....063

TABELA 08- Nomenclatura para Componentes do Terreno.....064

TABELA 09- Classe de Intervalos para os Parâmetros do Terreno.....065

TABELA 10- Classificação dos Terrenos - Divisão e forma de Registro.....070

TABELA 11- Formas de Análise e Quantificação para cada Classe do Terreno.070

TABELA 12- Construções x Classes de Terreno.....072

TABELA 13- Níveis Administrativos x Níveis de Utilização.....074

TABELA 14- Critérios de Classificação.....076

TABELA 15- Condições Construtivas e Problemas.....079

TABELA 16- Plano para Elaboração do Mapa Geotécnico Básico (1:25 000)....085

TABELA 17- Tipos de Relevo.....096

TABELA 18- Grupos Geotécnicos.....096

TABELA 19- Classificação dos Documentos.....112

TABELA 20- Ficha de Estudo para Regiões com Movimentos de Massa, utilizada pela Metodologia ZERMOS - B.R.G.M.....129

TABELA 21- Esquema de Legenda para Mapa Geotécnico Especial.....141

TABELA 22- Unidades Taxonômicas x Escalas x Critérios.....141

TABELA 23- Principais Feições dos Complexos Litológicos, Superficiais e suas Características.....178

TABELA 24- Pesos para as Variações Tecnológicas, Antrópicas e de Atributos.....179

TABELA 25- Parâmetros Geotécnicos e Grau de Influência.....181
TABELA 26- Formações dos Principais Programas que compõe o "GEOSYS".....202
TABELA 27- Algumas Características dos Banco de Dados do L.C. Ponts et Chaussées.....223
TABELA 28- Índices Básicos para a Avaliação do Meio Físico.....258
TABELA 29- Relações Atributos x Aptidões.....261
TABELA 30- Atributos x Meios de Obtenções.....262
TABELA 31- Velocidades de Segurança contra a Erosão.....264
TABELA 32- Classificação dos Terrenos de Fundação.....279
TABELA 33- Pressões Admissíveis.....279
TABELA 34- Possíveis Valores de Carga Admissível sob Carregamento Estático Vertical.....280
TABELA 35- Pressões Admissíveis no Solo (DIN 1054).....280
TABELA 36- Classificação dos Materiais com Fins à Escavabilidade.....284
TABELA 37- Principais Fontes e Causas de Poluição das Águas Subterrâneas. 287
TABELA 38- Relações entre Potencial de Contaminação e a Facilidade que os Aquíferos Apresentam para serem Poluídos.....287
TABELA 39- Grupos Rochosos de Materiais para Construção Civil.....311
TABELA 40- Correlações Petrográficas para Valores de Referência.....311
TABELA 41- Relações entre Características Petrográficas e Propriedades de Agregados para Pavimentação.....312
TABELA 42- Limites de Sulfetos para Concretos.....314
TABELA 43- Características que as Rochas devem Apresentar para que sejam Utilizadas na Construção Civil.....316
TABELA 44- Parâmetros a,b e c para o calculo do Coeficiente de polimento acelerado 319
TABELA 45- Limites básicos para utilização das lateritas 324
TABELA 46- Concentrações de sulfatos..... 338
TABELA 47- Características Básicas das Principais Fibras que são Usadas em Geotêxteis.....339
TABELA 48. Agressividade da Água Devida a Substâncias Dissolvidas (TGL-11. 357).....340

TABELA 49- Capacidade de infiltração 344
TABELA 50- Classificação dos Solos quanto a Salinidade.....359
TABELA 51- Aptidão dos Solos para a Construção de Estradas.....374
TABELA 52- Previsão da Aptidão dos Solos para a Construção de Aterros....374
TABELA 53- Ocupação x Aptidão.....379
TABELA 54- Principais usos das Fotos Aéreas.....383
TABELA 55- Número de Observações Mínimas para cada Situação.....409
TABELA 56- Classificação dos Materiais Segundo De Beer (1967).....420
TABELA 57- Correlações para Obtenção do Índice de Compressão.....432
TABELA 58- Parâmetros para escavações 434
TABELA 59- Formas de Identificação e Avaliação dos Materiais em Campo....435
TABELA 60- Estimativa da Resistência a Compressão não Confinada (qu) de Materiais Argilosos.....436
TABELA 61- Dados para Definir Unidades de Materiais quanto à Resistência. 436
TABELA 62- Classificação de Rochas Ígneas.....438
TABELA 63- Classificação de Rochas Metamórficas.....438
TABELA 64- Classificação de Rochas Sedimentares.....439
TABELA 65- Classificação das Águas para Irrigação.....439
TABELA 66- Limites Máximos dos Elementos Traços nas Águas Utilizadas para Irrigação.....440
TABELA 67- Características das Águas para Fins de Irrigação.....440
TABELA 68- Qualidade das Águas para o uso em algumas Indústrias.....441
TABELA 69- Qualidade das Águas para uso Industrial.....441
TABELA 70- Qualidades das Águas.....442
TABELA 71- Contador Volumétrico de Juntas (JV).....442
TABELA 72- Descontinuidades.....443
TABELA 74- Classificação Geotécnica de Rochas Carbonatadas.....444
TABELA 75- Grau de Intemperismo.....445
TABELA 73- Caracterização de Resistência de Solos Finos.....443
TABELA 76- Permeabilidade de Solos e Rochas.....446
TABELA 77- Permeabilidade de Rochas.....446

TABELA 78 - Classificação de Solos para Aeroportos.....447

TABELA 79 - Classificação Unificada dos Solos.....448

TABELA 80 - Classificação de Solos com Comportamento Laterítico..... 449

TABELA 81- Propriedades Típicas de Campos dosSolo Segundo a Classifica - ção Proposta por No. gami-Villibor..... 450

TABELA 82 - Caracterização de Compacidade dos Solos Grosseiros..... 451

TABELA 83 - Classificação Geotécnica de Solos no Campo..... 451

TABELA 84 - Dados Médios de cada Sub bacia..... 491

TABELA 85 - Resumo da Estratigrafia Regional..... 493

TABELA 86 - Resultados dos Ensaios Realizados sobre os Materiais Inconsoli dados..... 530

FIGURAS

FIGURA 001- Exemplo de Sobreposição de atributos.....008

FIGURA 002- Exemplo de Matriz Atributo x Atributo.....011

FIGURA 003- Exemplo de Matriz x Lugar x Atributo e Mapa Superposto.....011

FIGURA 004- Exemplo de Relações Atributo x Material.....013

FIGURA 005- Exemplo de Medidas Ordinais.....013

FIGURA 006- Exemplo de Medidas de Intervalos e de Razões.....013

FIGURA 007- Matriz Atributo x Tempo.....015

FIGURA 008- Modelo da Análise de Matrizes para Reagrupamento.....016

FIGURA 009- Critérios para Definir as Ordens dos Contatos.....019

FIGURA 010- Mapa Representando Diversas Ordens de Contato.....019

FIGURA 011- Mapa Representando os Resultados Obtidos da Metodologia P.U.C.E022

FIGURA 012- Exemplo de Perfís Usados nos Mapas Legenda-Perfil.....022

FIGURA 013- Diagramas de Venn e Euler.....023

FIGURA 014- Mapa Representando os Diagramas de Venn e Euler.....023

FIGURA 015- Mapas com os Contatos Originais.....026

FIGURA 016- Exemplo de Generalização Cartográfica e Categórica.....026

FIGURA 017- Operações sobre Mapas.....028

FIGURA 018- Exemplo de Mapa Superposto.....029

FIGURA 019- Mapa Exemplificando Covariação.....030

FIGURA 020- Mapa do Zoneamento Geotécnico da Bacia de Zvolen.....031

FIGURA 021- Exemplo de Matriz Unidade x Unidade.....032

FIGURA 022- Diagrama de Venn (Bacia de Zvolen).....033

FIGURA 023- Matriz Tridimensional (Bacia de Zvolen).....033

FIGURA 024- Exemplo de Árvore Lógica para Definição de Unidades.....040

FIGURA 025- Diagrama de Matulla (1979).....045

FIGURA 026- Exemplo de Modelo "Computer Composite Mapping".....050

FIGURA 027- Representação de uma Vertente.....063

FIGURA 028- Fluxograma para Análise e Avaliação dos Terrenos.....069

FIGURA 029- Ordenação e Relação dos Mapas Temáticos.....089

FIGURA 030- Síntese e Relação Esquemática das Principais Cartas..... 171
FIGURA 031- Operação do "GEOSYS"..... 202
FIGURA 032- Organização e Canal de Transferência de Dados do "GEOSYS"..... 202
FIGURA 033- Sistema "GEORET"..... 207
FIGURA 034- Sistema "TWEGS"..... 210
FIGURA 035- Exemplo de Mapa-Banco de Dados (Tyne e Wear)..... 218
FIGURA 036- Fluxograma do Sistema G.D.R..... 223
FIGURA 037- Esquematização para Elaboração do Mapeamento Geotécnico em Escalas entre 1:100 000 e 1:250 000..... 259
FIGURA 038- Modelo de Combinação dos Atributos Considerados no Mapeamento Geotécnico em escalas pequenas..... 260
FIGURA 039- Velocidade de Erosão dos Terrenos em Função da Granulometria... 265
FIGURA 040- Nomógrafo - Erodibilidade..... 266
FIGURA 041- Classificação de Encostas..... 268
FIGURA 042- Quantidade Anual de Chorume após la Saída..... 297
FIGURA 043- Primeiro Aparecimento do Chorume..... 297
FIGURA 044- Carta para Avaliar os Locais com Materiais Granulares Soltos... 303
FIGURA 045- Carta para Avaliar os Locais com Dois Tipos de Materiais..... 303
FIGURA 046- Ábaco para Determinar a Área Necessária para o Aterro Sanitário 304
FIGURA 047- Adequabilidade de Diferentes Tipos de Solos para Recobrimento de Aterros Sanitários..... 304
FIGURA 048- Diagrama $\overline{X}$ - N (Granulometria)..... 371
FIGURA 049- Diagrama de Sensibilidade à Água (Sa - $\overline{X}$)..... 372
FIGURA 050- Aplicação da Classificação dos Solos em Função das Condições Hídricas..... 372
FIGURA 051- Possibilidade de Reemprego do Solo..... 373
FIGURA 052- Correlações de Tourenq e Archibaud entre Propriedades Físicas e Mecânicas para as Rochas Calcáreas..... 388

FIGURA 053- Esquema do Penetrômetro de Peso.....393
FIGURA 054- Tipos de Cones.....395
FIGURA 055- Nomograma para Determinação do Ângulo Atrito Interno.....398
FIGURA 056- Esquema do Equipamento "BORRO".....402
FIGURA 057- Penetrômetro Gouda de 25 KN.....403
FIGURA 058- Correlação entre à Resistência a Compressão Simples (σ_R) e a Penetração dos Pinos (p).....404
FIGURA 059- Diagrama para Determinação da Resistência a Compressão Simples a Partir da Dureza de Schmidt e o Peso Específico419
FIGURA 060- Relação entre a Resistência a Compressão Simples e a Dureza de Shore (Sh).....419
FIGURA 061- Resistência ao Cisalhamento não Drenada e Remoldada.....429
FIGURA 062- Permeabilidade.....429
FIGURA 063- Índice de Compressão e Índice de Compressão Normalizado.....430
FIGURA 064- Coeficiente de Consolidação.....430
FIGURA 065- Divisão Geomorfológica e Localização da Área.....482
FIGURA 066- Municípios, Principais Drenagens e Vias de Acesso.....483
FIGURA 067- Formas de Relevo.....486
FIGURA 068- Sub bacias Hidrográficas.....488
FIGURA 069- Disponibilidade Hídrica Superficial Atual e Futura.....489
FIGURA 070- Posição - Perfís Geológicos.....502
FIGURA 071- Perfil A'A.....503
FIGURA 072- Perfil B'B.....504
FIGURA 073- Perfil C'C.....505
FIGURA 074- Perfil D'D.....506
FIGURA 075- Perfil E'E.....507
FIGURA 076- Perfil F'F.....508
FIGURA 077- Perfil GG'.....509
FIGURA 078- Perfil H'H.....510

FIGURA 079- Perfil I'I.....511
FIGURA 080- Perfil J'J.....512
FIGURA 081- Perfil K'K.....513
FIGURA 082- Perfil LL'.....514
FIGURA 083- Perfil MM'.....515
FIGURA 084- Perfil NN'.....516
FIGURA 085- Perfil PP'.....517
FIGURA 086- Perfil OO'.....518
FIGURA 087- Perfil QQ'.....519
FIGURA 088- Perfil RR'.....520
FIGURA 089- Perfil SS'.....521
FIGURA 090- Perfil TT'.....522
FIGURA 091- Perfil UU'.....523
FIGURA 092- Perfil VV'.....524
FIGURA 093- Faixa Granulométrica - Residuais do Diabásio.....536
FIGURA 094- Faixa Granulométrica - Residuais do Complexo Cristalino.....539
FIGURA 095- Faixa Granulométrica - Residuais do Silt /Argilito (Siltoso).542
FIGURA 096- Faixa Granulométrica - Materiais Mistos.....544
FIGURA 097- Faixa Granulométrica - Materiais Intermediários (Argila $<$30%)547
FIGURA 098- Faixa Granulométrica - Materiais Intermediários (Argila $>$40%)548
FIGURA 099- Faixa Granulométrica - Materiais Oriundos dos Siltitos/Argili tos.....550
FIGURA 100- Faixa Granulométrica - Materiais em Depressão.....552
FIGURA 101- Faixa Granulométrica - Materiais Arenosos I.....554
FIGURA 102- Faixa Granulométrica - Materiais Arenosos II.....556
FIGURA 103- Diagrama Piper - Águas Aquífero I Tararé/Diabásio/Cristalino.561

ABREVIAÇÕES E SÍMBOLOS

- eo - Índice de Vazios Inicial ou "in situ"
- LL - Limite de Liquidez
- LP - Limite de Plasticidade
- en - Índice de Vazios num Determinado Estágio
- e - Índice de Vazios num Momento
- WN - Umidade Natural
- γ_W - Peso Específico da Água
- γ_d - Peso Específico Seco
- IAEG- Boletim da "International Assoc. Eng. Geol."
- IAEG- Congresso da "International Assoc. Eng. Geol."
- NA - Nível de Água
- ρ_d - Massa Específica Seca
- ρ_s - Massa Específica dos Sólidos
- Dr - Densidade Relativa
- ABNT- Assoc. Brasileira de Normas Técnicas
- HRB - Highway Research Board
- TRR - Trasnport and Road Research
- IAEG- International Assoc. Eng. Geology.
- Se - Superfície Específica
- D_{10} - Diâmetro Efetivo
- D_{16} - Diâmetro 16%
- D_{84} - Diâmetro 84%
- D_{50} - Diâmetro 50%
- BOD - Demanda de Oxigênio Biológico
- CTC - Capacidade de Troca Catiônica
- LI - Leaching Index
- EA - Equivalente Areia
- COD - Demanda de Oxigênio Químico
- T.F.S.A - Terra fina seca ao ar
- ARG - Argilito
- SILT- Siltito
- ARE - Arenito
- GNA - Gnaísse
- DIA - Diabásio
- GRA - Granito
- MIGMA- Migmatito
- PUCE- (Paterns, Units, Components Evaluation)

- ISRM- Intern. Soc. Rock Mechanics
- K - Coeficiente de Permeabilidade
- DAEE- Departamento de Água e Energia Elétrica
- Q_t/P- Razão Vazão Total/ Precipitação
- Q_B/P- Razão Vazão Básica/ Precipitação
- Q_B/Q_t- Razão Vazão Básica/ Vazão Total
- ρ - Massa Específica Natural
- IP - Índice de Plasticidade
- emin- Índice de Vazios Mínimo
- emax- Índice de Vazios Máximo
- GCNAT- Grau de Compactação Natural
- WOT - Umidade Ótima
- Sr %- Grau de Saturação
- Ko - Fator de erodibilidade

RESUMO

O trabalho compreende quatro partes que são discutidas separadamente, porém relacionadas diretamente ao tema central, mapeamento geotécnico. A primeira refere-se aos mecânismos necessários para elaborar adequadamente os documentos (cartas, mapas,etc) que registram os resultados obtidos no mapeamento geotécnico.

A segunda apresenta ampla revisão bibliográfica das metodologias e sistemáticas mais empregadas no mapeamento geotécnico e dos principais bancos de dados geológico - geotécnicos. A terceira trata da proposta metodológica, baseada nos conhecimentos adiquiridos no decorrer da revisão bibliográfica, nas condições sócio-técnico econômicas do País em outras considerações relativas à ocupação do meio físico. Na última parte, encontram-se expostos os resultados obtidos da aplicação da metodologia proposta na região compreendida na folha topográfica do I.B.G.E. - Campinas - SP, na escala 1:50 000

INTRODUÇÃO

A ocupação do meio físico brasileiro, no passado e presente , normalmente vem se dando de maneira inadequada, principalmente quando os projetos (agropecuários, turísticos, urbanos, saneamentos e outros) tem em jogo não só interesses monetários como políticos, a curto prazo. São raros os projetos que apresentam preocupações e medidas técnicas que levem em consideração às limitações do meio físico, sendo já possível observar áreas que se descaracterizaram completamente, tanto em regiões pouco ocupadas do País, caso de Mato Grosso e Goiás, como em outras intensamente ocupadas, como ocorre em São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná.

A não consideração das limitações do meio físico, normalmente exige gastos elevados para implantar os projetos de ocupação e/ou para restaurar as áreas que já tenham sido desfiguradas.

Tal desfiguração pode ter sido tão intensa que em muitos casos o projeto precisa ser abandonado, e como as áreas não reunem condições naturais para auto recuperação, o processo de deteriorização continua.

Como exemplos extremos, temos os projetos de ocupação agropecuárias em regiões de cerrado, de mineração (garimpos), de saneamento em regiões inundáveis e de obras civis (estradas, parques residenciais e industriais) em regiões de declividade alta.

Geralmente as limitações do meio físico não são consideradas nos projetos, por dois motivos básicos:

- falta de uma legislação federal voltada à proteção do meio físico e dos recursos naturais, e
- à não existência de órgãos técnicos públicos (federais, estaduais e municipais) que sejam responsáveis pela avaliação do meio físico (mapeamento geotécnico) e fiscalização durante e após as implementações das ocupações.

Com base nestes fatos, em observações do meio físico (natural e ocupado) de diferentes regiões geográficas e nas condições técnico-sócio econômicas do País, o Autor propos-se elaborar um trabalho básico que visasse auxiliar na avaliação do meio físico e que atendesse os seguintes objetivos:

1- Conhecer as possíveis formas e condições de representação graficado, meio físico, bem como suas variações, em documentos bidimensionais de fácil observação e análise.

2- Conhecer quais as melhores técnicas para definir e delimitar as diferentes unidades de terreno, com base em seus atributos naturais (textura, espessura, declividade e outros).

3- Elaborar um extenso levantamento bibliográfico, a fim de conhecer e analisar as principais formas de avaliação do meio físico (metodologias e sistemáticas) aplicadas em diferentes países pertencentes aos diversos continentes, considerando assim, a posição geográfica (clima), a extensão territorial, as condições sócio-econômicas e as diretrizes políticas com as mais variadas formas de implementar a ocupação do meio físico.

No decorrer do levantamento bibliográfico, a atenção esteve voltada aos seguintes aspectos:

a- as finalidades que a metodologia ou sistemática atenderam;
b- quais os atributos do meio físico que foram considerados;
c- quais as formas de observação dos atributos, qual a densidade, e como registrar as informações obtidas;
d- quais as formas alternativas de investigação em subsuperfície;
e- como foram feitasas classificações dos atributos;
f- quais os símbolos ou cores utilizados para representar os componentes do meio físico, e
g- em que áreas as metodologias e sistemáticas foram aplicadas, quais as características do seu meio físico, bem cocomo resultados obtidos e sua utilização pelos usuários.

4- A partir do conhecimento adquirido nas fases anteriores, elaborar uma metodologia que atenda às diversas condições já mencionadas

e aos seguintes pontos:

a- que a sua aplicação não seja onerosa;

b- que as investigações de subsuperfície sejam executadas por equipamentos alternativos, de mecanismo simples e de baixo custo;

c- que os atributos a serem considerados sejam definidos, assim como os meios ade quados para obtê-los;

d- que os usuários possam utilizar os resultados da aplicação para uma das seguintes finalidades: deposição de rejeitos sépticos, irrigação, escavabilidade, obras enterradas, fundações, erodibilidade, estabilidade de taludes naturais e estradas;

e- que a forma de investigação do meio físico seja a "ANÁLISE" (estudo do conjunto, individualizando os seus componentes) e não a "SINTESE" (que visa refletir o conjunto por um único resultado;

f- que o meio físico a ser investigado sempre se encontra em uma posição intermediária entre entropia baixa (máximo de energia livre para que realize mudanças, como as regiões montanhosas que apresentam grandes diferenças de altitude e que serão modeladas até atingirem o aplainamento e alta(mínimo de energia livre, quando a região tem já sua superfície aplainada);

g- que a região a ser avaliada compreende ou faz parte de um "SISTEMA", que, segundo Miller (1965), é um conjunto de unidades de terreno que apresentam relações entre si e que Hall e Fagen (1956) consideram, como um conjunto dos elementos e das relações entre eles e entre os seus atributos. A partir destas definições, Christofoletti (1979) afirma que os sistemas são constituídos por:

- elementos, que correspondem aos componentes do meio físico;
- relações, que refletem as ligações existentes entre os componentes do meio físico e,
- atributos, que são as qualidades pertinentes aos componentes do meio físico e que são utilizados para caracterizá-los

Uma das maiores dificuldades para o mapeador é definir e identificar os atributos que são importantes para a metodologia e às finalidades a que se propõem.

h- que o "sistema" a ser avaliado pelo mapeamento geotécnico, seja classificado em termos funcionais, segundo Rapoport e Trucol (apud Christofoletti, 1979), como "aberto" (ocorrem troca de energia e matéria,

ganhando e cedendo) e que quanto a complexidade estruturalsegundo Charley e Kennedy (1971), seja um sistema de processos - respostas, sub tipo superficies irregulares (onde as características verticais e horizontais podem ter importância variada em diferentes locais);

5- Definir quais são as escalas limites para elaboração do mapeamento geotécnico, sem que o mesmo seja confundidocom um mapeamento geológico - estratigráfico e nem com uma investigação geotécnica local.

6- Em função das variações que o meio físico brasileiro normalmente apresenta, selecionar uma região que seja muito representativa para testar a metodologia proposta.

A região a ser selecionada deveria apresentar litologias dos três grandes grupos rochosos, declividades altas e baixas, ocupações diversificadas e problemas decorrentes de ocupações implementadas em locais com limitações. Face a tais requisitos, optou-se pela região de Campinas / SP.

I - SISTEMÁTICA PARA ELABORAÇÃO DE MAPAS

1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Ao se analisar um mapa ou uma carta, verifica-se que existem objetos identificados e classificados, onde a identificação é o ato de reconhecer o objeto e a classificação envolve uma análise interpretativa da proposição, que são colocados de maneira afirmativa ou negativa, correlacionados com características do objeto em questão.

O ato de negar ou afirmar pode ser denominado, na lógica, de predicado. Por exemplo: "O grupo Bauru é inadequado para pedreiras".

Segundo Carnap, 1962 (apud Varnes, 1974), o predicado pode designar propriedades e características individuais ou relações entre situações individuais.

Carnap agrupou propriedades e relações num termo denominado de atributo, que é o elemento básico para a realização de um mapeamento. Um grupo de atributos ou um único atributo forma a unidade ou indivíduo, que caracteriza a base para a análise de uma área. O atributo é o elemento básico, que será colocado e operado num mapa como informações que representam a sua distribuição espacial. Ex.: litologia.

As informações podem ser apresentadas, em função da natureza do mapeamento em até cinco aspectos, a seguir apresentados.

1º Aspecto - A informação sintática é um tipo de informação que pode ser transmitida por telefone, códigos ou meios de linguagem comum. São normalmente informativos e envolvem os tipos de sinais inteiros, que é uma raridade estatística. Como exemplo, pode-se citar o caso de uma anomalia gravimétrica existente e que a causa e significado são desconhecidos; aconte-

ce num mapa topográfico, onde uma forma "cônica" não permite conclusões quanto à composição, à origem e o significado para o uso da terra.

2º Aspecto - Informações semânticas, também conhecidas como qualitativas.

Este grupo pode ser tratado a nível léxico-gráfico ou de frases (semântico). O nível léxicográfico trata de conceitos que estão ligados a uma classificação; todavia, quanto ao nível de frases, dá-se descrição das observações e análise das relações existentes entre os termos. Para análise, é necessário que cada pessoa utilize os mesmos sentidos para as mesmas palavras. Este aspecto não trata de valores que podem ser obtidos estatisticamente. Estas informações devem ser montadas com base na proposição usada para construção dos sistema de classificação, por agrupamento ou por divisão, assim como os termos usados devem ser regulados por dicionários, normas ou similares.

Nos mapas geológicos, por exemplo, as informações tratadas semanticamente podem ser relativas às características dos materiais com base na estrutura, na textura, na cor, etc.

3º Aspecto - Informações pragmáticas, são aquelas transmitidas de forma completa, e cuja a interpretação é função da habilidade e das necessidades do usuário. A interpretação da mensagem pode ser de grande ou de nenhum significado para o receptor. Como exemplo, a informação de que um determinado solo contém argila expansiva, será recebida diferenciadamente por diferentes receptores (usuários), tais como: um engenheiro de estradas, um geólogo de engenharia, um agrônomo ou um arquiteto de planejamento.

Considerando a geotecnia, procura ela também converter informações semânticas em pragmáticas, requerendo para isto um sistema de comunicação operante e completo, portanto com transmissor, meio de comunicação e receptor.

4º Aspecto - Informações numéricas, são aquelas que através de medidas, ou a partir de cálculo ou de interpretações, se expressam por números, devendo respeitar as 2 situações seguintes:-

- que os processos de obtenção sejam idênticos para uma mesma informação;

- as interpretações devem ser feitas com as precauções necessárias à cada caso, devendo ser evitadas generalizações.

A formalização deste tipo de informação é relativamente fácil e, normalmente entra em fichário com simplicidade.

5º Aspecto - Informações gráficas, normalmente representam perfis de sondagens e similares.

Como observa-se, as informações representam o comportamento global dos atributos.

O problema crucial na realização de mapas, inclusive o geotécnico, é definir, isolar e identificar os atributos que são necessários para a correta definição das unidades que compõem os mapas.

Os atributos podem ser absolutos, presentes ou ausentes, podem ser analisados qualitativamente, quantitativamente ou ainda não ser mensuráveis.

Os atributos podem ser constantes ou variáveis no espaço e/ou no tempo; podem ainda existir no espaço e no tempo, com ou sem relações causa-efeito.

Os atributos podem ser essenciais para identificar e/ou classificar um objeto, podem ser únicos ou não, presentes ou acessórios.

Existem quatro grupos de atributos:

- atributos de tempo
- atributos de espaço
- atributos inerentes à qualidade ou às propriedades dos materiais
- atributos das relações entre os objetos

Das análises dos atributos, surgem quatro tipos possíveis de unidades básicas:

- temporais,
- espaciais,
- tipológicas e
- de relação

- UNIDADES TEMPORAIS são definidas por linhas de tempo e determinadas por diversos meios como registros fósseis, geocronologia, marcas de nível d'água, e outros.

- UNIDADES ESPACIAIS são definidas por limites físicos.

- UNIDADES TIPOLÓGICAS e UNIDADES DE RELAÇÃO são definidas por uma grande variedade de propriedades ou por várias relações de tempo e/ou geométricas.

Pode se definir unidades "compostas" em função da associação dos quatro grupos de atributos, mas precisa se ter cuidados para não criar "complexos" (associações de unidades básicas) que nada significam, portanto não utilizáveis. As áreas de terreno definidas pelos atributos, quaisquer que sejam os tipos, não serão obrigatoriamente contíguas. (vide figura 01).

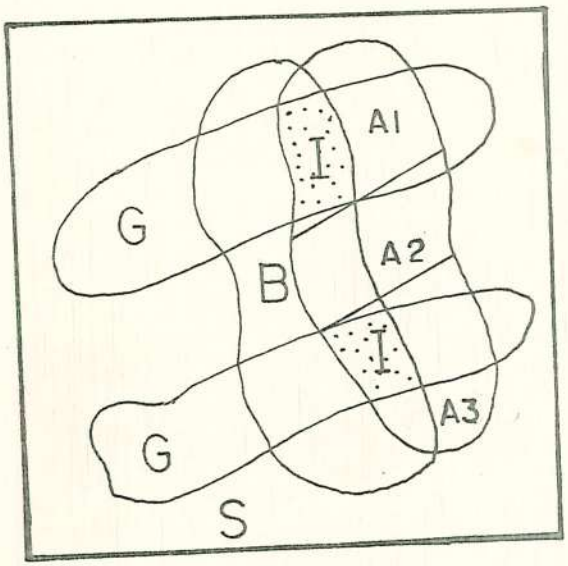


FIGURA 01 - Sobreposição de Atributos

Unidades similares (1), porém não contíguas, às vezes podem aparecer isoladas no espaço e/ou no tempo; dependendo da escala, podem passar a ser contíguas.

Para definir unidades, é recomendável observar alguns pontos:

- a finalidade do trabalho deve ser identificada e a

unidade deve ser designada por uma ou mais dos tipos (temporal, espacial, tipológica e de relação).

- deve haver uma colocação formal dos atributos essenciais e uma especificação de quais caracteres e propriedades são necessários e suficientes para identificar uma unidade.

- determinar o grau de heterogeneidade interna que pode ser permitido e que satisfará as finalidades do mapa.

Na geotecnia, o conceito de homogeneidade é fundamental, pois dependendo da homogeneidade ou do grau de heterogeneidade, é possível estimar comportamentos. Assim, da análise de uma amostra retirada de um corpo homogêneo, é possível inferir que todo o corpo possui as mesmas características.

A homogeneidade pode ser analisada para uma unidade em questão, para um grupo de atributos ou para um único atributo. Portanto, os limites das áreas são função da homogeneidade definida.

Observa-se que as áreas delimitadas num mapa, de maneira homogênea ou com heterogeneidade aceitável em relação aos atributos considerados, são devidas a uma classificação lógica em razão das finalidades do trabalho, e a partir desta situação necessita-se conhecer métodos e sistemáticas de classificação. A classificação de qualquer "atributo" é sempre realizada em função da natureza e da finalidade exigida pelo executor, podendo ser uma classificação natural e/ou artificial. Classificação natural é aquela baseada nas estruturas, propriedades e atributos dos materiais em investigação; e a classificação artificial é baseada numa finalidade prática a que se propõe o mapeamento em termos de manejo dos materiais, economia de tempo (no mapeamento) e energia (em termos de custos). (Searles, 1956).

Segundo Harvey, 1969, Board, 1967 e Cline, 1949 (apud Varnes, 1974), pode-se concluir alguns pontos quanto às classificações:

- A finalidade de uma classificação é organizar para o nosso conhecimento, as propriedades de um objeto, tornando mais

fácil seu entendimento para um objetivo específico;

- uma classificação geral servirá a muitas situações, porém não com alta eficiência;

- as classificações, na medida do possível, devem ser voltadas a um tipo específico de atualização.

A distinção feita por Overdal e Edwards, 1941, caracteriza que um agrupamento de materiais pode ser organizado sob aspectos técnico ou natural e que são relevantes ao mapeamento geotécnico. Isto aconteceporque o aspecto técnico coloca os materiais em grupos visando servir a objetivos práticos ligados a um uso específico (estradas, por exemplo). Todavia, o agrupamento natural pode ser feito por diversos meios, para diferentes fins.

Normalmente, os materiais devem ser classificados primeiramente pelo aspecto natural, porque a partir desta classificação pode-se realizar outras, considerando aspectos técnicos, visto que a natural utiliza-se de atributos essenciais e presentes.

Os atributos são estruturados dentro de hierarquias e um atributo pode estar ligado a outros, como por exemplo, a permeabilidade depende da granulometria, da forma dos grãos, da intercomunicação entre os vazios, etc. Ao realizar-se um mapeamento, deve-se preocupar em identificar, descrever e medir atributos pertinentes a uma finalidade específica; porém, os atributos fundamentais devem ser trabalhados, qualquer que seja o fim, porque formam a base de qualquer mapeamento e podem ser arranjados e estruturados por muitos caminhos. Normalmente, quando os atributos fundamentais são identificados em uma amostra ou num local, a sua extrapolação deve ser feita por um perito e com muito cuidado, respeitando premissas maiores.

Como já observado, ao identificar e mapear atributos fundamentais, está se possibilitando um maior uso dos mapas devido a apreciação de outros atributos que estão ligados aos fundamentos. Através de uma matriz atributo x atributo, pode-se defi-

nir quais são os mais importantes (vide Figura 02).

ATRIBUTO

ATRIBUTO	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
A_1		X		X		
A_2	X		X	X	X	
A_3	X	X		X	X	X
A_4		X			X	
A_5		X		X		X
A_6			X	X	X	

O atributo A_3 é de maior importância, devido sua relação com todos os outros atributos

FIGURA 02 - Exemplo de Matriz Atributo x Atributo

Num mapa de multiatributos, os limites entre as unidades são determinados em função da distribuição em área dos mesmos, e que podem ou não coincidir com os limites de unidades geológicas; quando coincidir, poder-se-á estimar uma homogeneidade da unidade geológica em relação ao atributo considerado.

Pode-se realizar um mapa combinado, pela superposição de mapas simples, onde o recobrimento parcial é permitido e a integração e a generalização, não o são; ele pode ser analisado sob a forma de uma matriz atributo x lugar (vide Figura 03).

ATRIBUTO

LUGAR	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
L_1	X					
L_2	X	X	X			
L_3		X				
L_4	X	X				
L_5			X			
L_6	X		X			
L_7		X	X			

MATRIZ

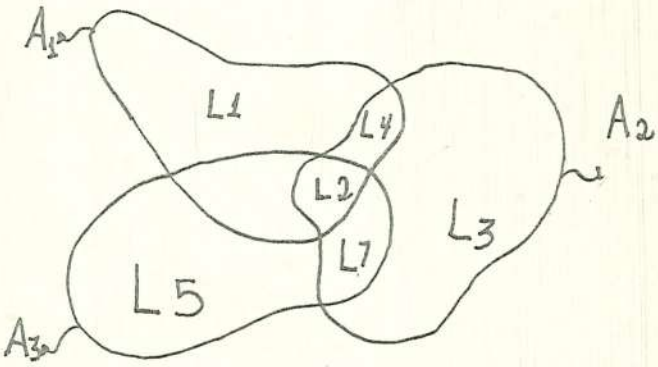


FIGURA 03 - Exemplo de Matriz Lugar x Atributo e Mapa Superposto

2 - Meios e Classificações para a Composição dos Mapas

Na composição dos mapas, quaisquer que sejam, analisa-se os atributos considerando duas situações opostas:

a) subdividindo a região em áreas menores e

b) agrupando pequenas áreas.

Desta maneira, analisa-se de um lado atributos de áreas específicas e do outro áreas que possuem um ou mais atributos específicos; a primeira proposição segue um processo de divisão, análise e identificação e a segunda um agrupamento, síntese e fusão dentro de classes.

Ao realizar um mapa, deve-se empregar uma divisão ou uma agrupamento lógicos, somente após se ter sua finalidade bem definida. Diversos estudos, em termos de lógica já foram realizados (Grigg, 1965; Searles, 1956; Armando et alii). Normalmente, existe um arranjo dos dados de campo e o estabelecimento de classes, baseadas principalmente em valores quantitativos das propriedades de unidades físicas ou amostras, que formam grupos empíricos, deixando de lado a ordenação em classes abstratas. As propriedades e/ou atributos podem ser mensuradas através de quatro procedimentos distintos:

TIPO	OPERAÇÃO	EXEMPLOS
Nominal	Assinalar um nº e nome para à espécime e/ou classe	1. numerar uma espécime rochosa. 2. nomear rochas (litológio) (vide Figura 04)
Ordinal	grandeza numérica	dureza mineral (Vide Figura 05)
Intervalo	determinada igualdade ou diferença dos intervalos	-Temperatura em ºF ou ºC -Tempo em calendário
Razões	determinada igualdade das razões	massas, comprimento, velocidade, tamanho (Vide Figura 06)

MATRIZES

Quando existir um número grande de elementos (unidades, indivíduo ou áreas) e atributos, a análise deve ser executada através de matrizes, e desta maneira obtem-se classificações mais corretas.

Ao configurar estas matrizes, deve-se analisar que tipo de medida está sendo considerada, se existem relações e se outras condições de contorno estão sendo consideradas.

ATRIBUTO

MATERIAL	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
M_1	1	1	0	1	0	1
M_2	0	1	1	1	1	0
M_3	1	1	1	1	1	1
M_4	0	0	1	0	1	0
M_5	1	1	1	0	0	1

Os símbolos 1 e 0 refletem a ausência ou presença de relações entre o material e o atributo.

FIGURA 04 - Exemplo da Relação Atributo x Material

ATRIBUTO

MATERIAL	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
M_1	1	4	3	5	2	1
M_2	2	3	1	2	4	5
M_3	3	2	5	3	4	1
M_4	4	1	2	3	5	4
M_5	5	2	3	4	5	1

São medidas do tipo ordinal

FIGURA 05

ATRIBUTO

MATERIAL	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
M_1	500	16	40	0.72	150	+6.0
M_2	400	12	20	0.54	90	+2.0
M_3	100	15	10	0.38	30	-1.0
M_4	300	14	50	0.11	60	-2.0
M_5	200	11	30	0.23	120	+1.0

São medidas em termos de intervalos ou razões

FIGURA 06

Segundo Berry, 1964 (Apud Varnes, 1964), pode-se montar matrizes com os diversos tipos de atributos em função do tempo.

Os mapas representam as matrizes graficamente e de uma maneira especial.

Pode-se analisar com mais lógica um determinado mapa ao se fazer as análises sobre as matrizes que representem os mapas. Berry (1964) considera que existe pelo menos dez caminhos para a análise dos dados através das matrizes:

1. estudar o arranjo de células dentro de uma fila ou em parte;

2. estudar o arranjo de células dentro de uma coluna ou em parte;

3. realizar comparações entre séries de colunas, tentando buscar diferenças com bases em certas características;

4. realizar comparações entre séries de colunas, observando covariações especiais ou associações de atributos;

5. estudar as variações dentro de uma sub-matriz;

6. comparar uma fila ou parte, através do tempo, ou seja, observar se há mudanças numa área particular através de estágios;

7. comparar uma coluna ou parte, através do tempo, observando mudanças na distribuição espacial dos atributos;

8. verificar se houve mudanças na diferenciação das áreas com o tempo;

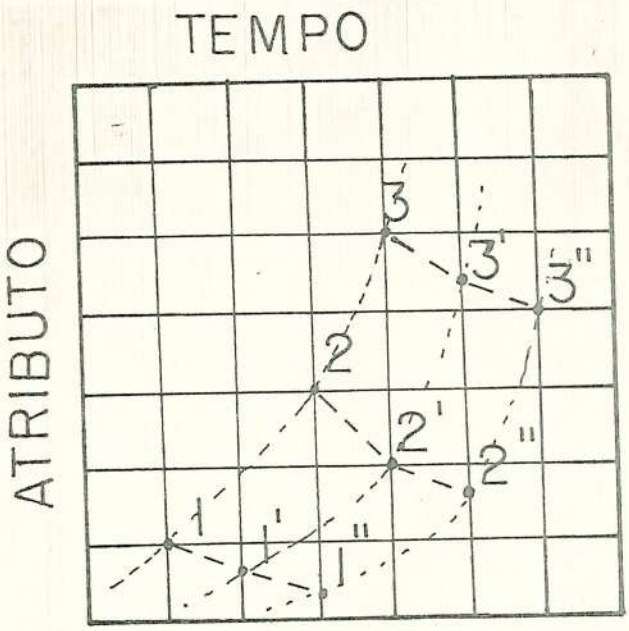
9. estudar as mudanças da associação espacial dos atributos em função do tempo e

10. realizar estudos comparativos de submatrizes através do tempo, por fila e coluna.

VARIAÇÃO TEMPORAL

A importância desta variação foi discutida por muitos estudiosos entre eles Duncan, Cuzzort, e Duncan (1961, Apud Varnes, 1974).

É necessário entender as mudanças que sofre cada atributo em relação ao tempo, bem como as relações temporais existentes entre os atributos. Através deste conhecimento, é possível prever qual será o comportamento futuro. (Vide Figura 07).



Pode-se observar que certos atributos não variam e que outros tem comportamento semelhante e as vezes opostos.

Figura 07 - Exemplo de Matriz Atributo x Tempo

AGRUPAMENTO

As matrizes são bastante usadas para verificar a covariação existente na fila e na coluna, auxiliando na formação de grupos (unidades), propiciando a definição de classes. O processo de realizar o agrupamento deve obedecer às finalidades do mapa, o uso de uma classificação, de métodos estatísticos e outros fatores.

Segundo a estatística, covariação é a característica (tendência) que dois ou mais atributos possuem em variar seus limites, valores e/ou sinais ao mesmo tempo.

Os atributos são considerados covariantes quando apresentam as características referentes a covariação.

Dentre todas as caracterizações do termo "região", a que mais chama a atenção é a de Armand (1965). Convém verificar que não deve ser realizada sobreposição dos mapas de áreas definidas por agrupamentos (Grigg, 1965; Rodoman, 1965). Existem diversos autores que defendem a idéia que "região" compreende somente áreas contíguas (Johnston, 1968 e Grigg, 1965); outros reconhecem que existem dois tipos de região, as que requerem contiguidade e as que não. Armand (1965) denominou de "região individual" as que necessitam de contiguidade e caracterizam predominantemente terrenos obedecendo padrões geomorfológicos regulares. Região tipológica não exige contiguidade e deve ser bem definida. É importante observar que região tipológica é definida em qualquer tipo de terreno, mas o mesmo não é verdade para a região individual.

ATRIBUTO

LUGAR	A	B	C	D	E	F
1		X	X	X		X
2	X	X	X		X	X
3	X			X		X
4			X	X		X
5	X	X	X		X	X

ATRIBUTO

LUGAR	A	B	C	D	E	F
1		X	X	X		X
4			X	X		X
2	X	X	X		X	X
5	X	X	X		X	X
3	X			X		X

ATRIBUTO

LUGAR	C	F	B	D	D	A
1	X	X	X		X	
2	X	X	X	X		X
3		X			X	X
4	X	X			X	
5	X	X	X	X		X

Figura 08 - Modelo da Análise de Matrizes para Reagrupamento

Da análise das matrizes da Figura 08 é possível observar que:

Na matriz (1) tem-se uma relação de atributos x lugar (local), na (2) iniciou-se um agrupamento de lugar e temos duas novas classes (unidades a serem mapeadas), possuindo atributos similares e diminuindo de 5 unidades para 3, e não deve alterar o mapa para a finalidade, e sim melhorá-lo. Este estudo agrupou lugarem que tem atributos similares e é também chamado estatisticamente de correlação em "0 Molde". Na matriz (3), faz-se um reagrupamento de colunas e observa-se dois grupos de atributos que são covariantes e que exigem um estudo mais detalhado; trata-se de uma correlação "R Mode". Pode-se ainda realizar um agrupamento em relação ao tempo chamado de correlação "T Mode".

Observa-se que o processo de agrupamento tende a aumentar a extensão das áreas das unidades, diminuindo o nº de classes e tornando o trabalho mais significativo para a finalidade que se está propondo.

O agrupamento, no caso de mapas geotécnicos, pode ser de grande valia principalmente quando tem como finalidade uma integração regional, visando o planejamento da ocupação.

DIVISÃO

O processo de divisão é realizado sob a mesma lógica do agrupamento, porém o produto final terá finalidade diversa, resultando numa hierarquia de classes. A complexidade do processo de divisão é função do nível de detalhe requerido.

Neste processo, as classes iniciais são importantes por serem significativas dentro de uma classificação, assim como os atributos destas classes que irão dar os caracteres básicos da hierarquia resultante.

Em mapeamentos, a lógica de divisão consiste em aumentar o número de contatos na região sem alterar os já traçados. O aumento do número de contatos parece favorecer a homogeneidade

das unidades resultantes. Todavia, não é uma regra, pois o mesmo nível de heterogeneidade pode continuar em cada nova unidade, em função dos atributos considerados lembrando que pode-se ter diversos critérios, muitos atributos em jogo e um grupo de problemas a analisar.

Os critérios que serão usados num processo de divisão devem ser bem pensados, pois esta decisão pode envolver problemas futuros.

Deve-se usar, como ferramenta inicial; a foto-interpretação, com o auxilio de atributos pré-determinados.

Através da foto-interpretação delimita-se áreas onde for possível diagnosticar tais atributos e, em seguida o sistema de classificação adotado ou elaborado durante a foto-interpretação, deve ser usado para delimitação de novas unidades. É aconselhável que se faça uma contínua revisão do processo, com trabalhos mais detalhados para que o mesmo possa ter continuidade.

3 - Ordem dos Contatos

Ao traçar um limite entre duas áreas que possuem homogeneidades distintas, deve-se ter idéia de qual é o seu significado real. Há necessidade de conhecer este significado, devido às características de cada área.

Uma área (unidade de solo e/ou rocha) possui uma série de variáveis contínuas num determinado espaço, tais como profundidade, espessura, talude, etc... e estas variáveis contínuas podem sofrer mudança mais drástica ao se atravessar um contato mais do que um passo, no sistema de classificação. Como exemplo, a espessura do solo pode variar da classe 1 (0 a 5m) para a classe 3 (11 a 15m), significando que a classe 2 (6 a 10m) foi ultrapassada, concluindo que a passagem da classe 1 para 3, significam 2 passos (vide Figura 09). Um contato que representa mais do que um passo do sistema, pode ter significados variados, dependendo da finalidades do mapa e pode refletir uma descontinui-

dade muito mais abrupta do que representa um contato simplesmente. Portanto, os contatos podem ser qualificados por grau, como pode ser observado na Figura 10.

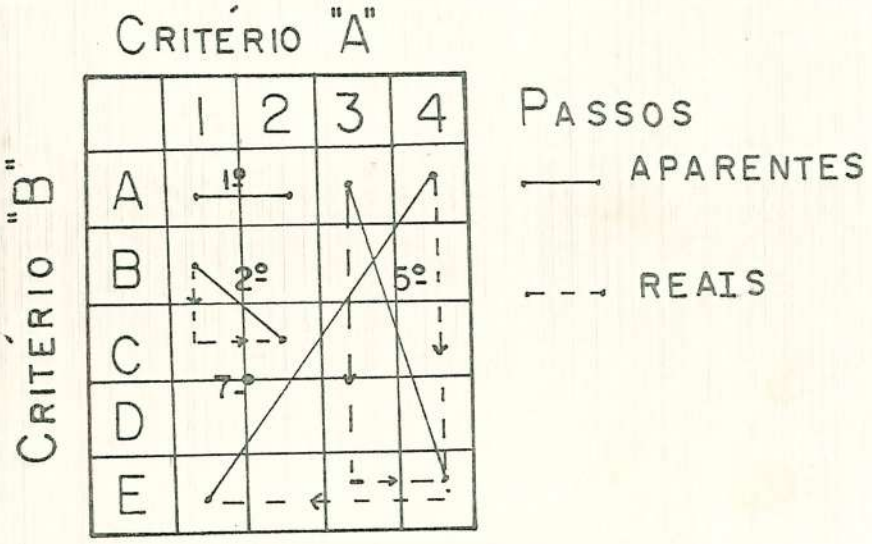
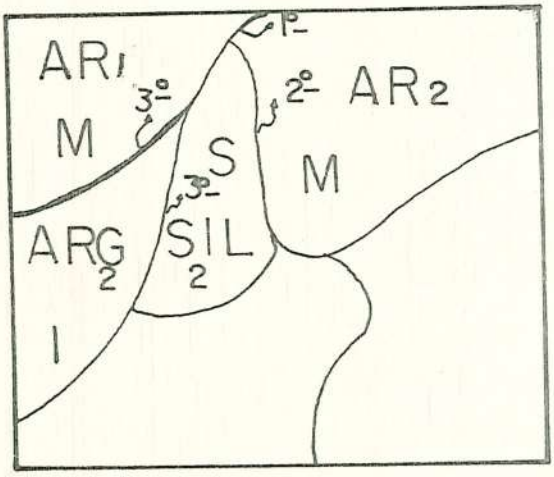


FIGURA 09 - Critérios para Definir as Ordens dos Contatos

Num mapa:



MATERIAL		ESPES.	SUBSTR.
AR	1	0-2 m	M
	2	2-5 m	
	3	5-10 m	
SIL	1	0-2 m	I
	2	2-5 m	
	3	5-10 m	
ARG	1	0-2 m	S
	2	2-5 m	
	3	5-10 m	

FIGURA 10 - Mapa Representando Diversas Ordens de Contato

Após verificar os graus dos contatos que existem num mapa geotécnico, pode-se inferir comportamentos para cada unidade e que poderão influenciar no comportamento das obras, no planejamento de uma região e assim decorrer ou não problemas futuros.

Portanto, é aconselhável que os contatos a serem traçados sejam bem estudados e diferenciados para que a interpretação e a ocupação sejam corretas.

4 - Representação das Variações Verticais

Em qualquer tipo de mapeamento este problema é sério, porém no mapeamento geotécnico a representação dos atributos na 3ª dimensão é crucial e de importância suprema para a utilização do mapa como fonte de informação e uso geral ou específico para engenharia. Este sistema de representação pode ser complexo em função das variações existentes na 3ª dimensão. Estas variações são relativas à litologia, e a outras características geológica-geotécnicas, superfícies de erosão, etc. O problema não é a representação pontual e sim a representação bi-dimensional.

Diversos são os sistemas desenvolvidos para solucionar este problema:

1 - É um método simples e que representa no máximo duas unidades de materiais; através de modelos simbológicos ou tons de cores. Trata-se de procedimento limitado e não aconselhado para situações complexas.

2 - Situações mais heterogêneas podem ser representadas por mapas de níveis, de faixas, mapas "unitized", uniforme, mapas de legenda-perfil e classificação tipo agregacional.

2.1 - Mapas de níveis (uncovered)

São mapas que mostram os contatos entre as diversas unidades, em níveis pré-determinados ou padronizados.

Existem 3 tipos básicos:

a) mapa de altitude constante, comumente usado em tra

balhos de detalhe (escalas grandes), em locais de grandes obras.

b) mapa de profundidade específica - realizado para uma profundidade desejada abaixo da superfície, retrata todos materiais ou somente a ocorrência de uma situação específica. É muito usado para o estudo de fundações no caso de estudar níveis específicos (2m, 5m, 10m). Este tipo de representação deve ser feita em material transparente para possibilitar uma superposição e favorecer a análise tridimensional.

c) Mapa de horizonte geológico - é utilizado para representar um nível geológico ou geotécnico de interesse, sendo mais comum o nível do substrato rochoso.

2.2 - Mapa de listras - representa os materiais dos diferentes níveis da superfície, através da variação de cores ou símbolos em finas listras.

Este método foi desenvolvido por Zebera em 1947 e difundido para toda a Europa e outros países. Este tipo de representação possui uma grande versatilidade, permitindo associar às listras outros símbolos que irão representar as variações dos materiais em relação aos atributos. Porém quando ocorrem muitos tipos o documento apresenta alta densidade de linhas (traços) o que prejudica a análise pelos usuários.

2.3 - Mapa uniforme (unitized)

Este sistema faz uso de um conjunto de cores ou uma cor particular para representar uma sucessão de camadas (unidades). Este sistema é muito empregado em mapas pedológicos ou em regiões onde existe uma homogeneidade muito grande da sequência de camadas. É empregado em metodologias como a P.U.C.E., sendo aconselhável o uso de uma matriz para definição dos conjuntos de unidades (com suas características) que serão representadas por cores

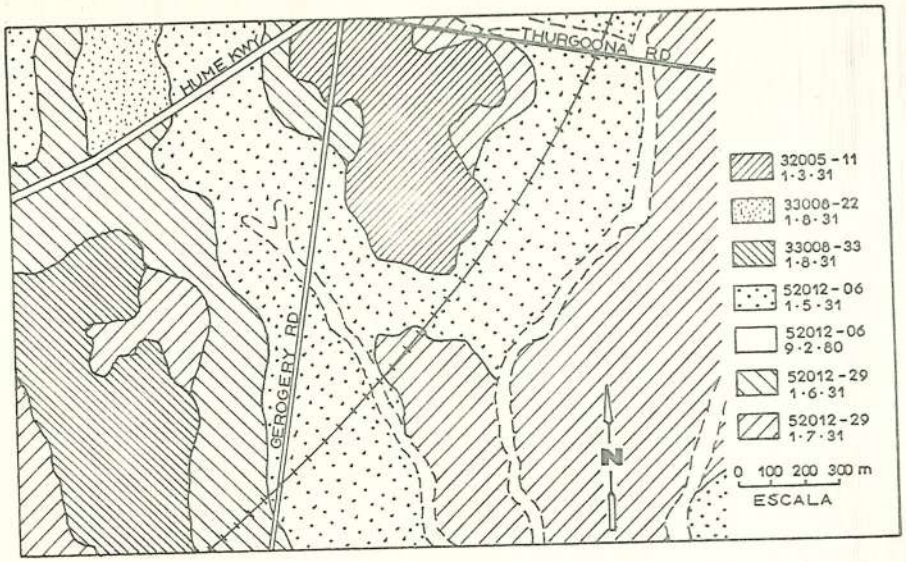


FIGURA 11 - Mapa Representando os Resultados Obtidos da Metodologia P.U.C.E.

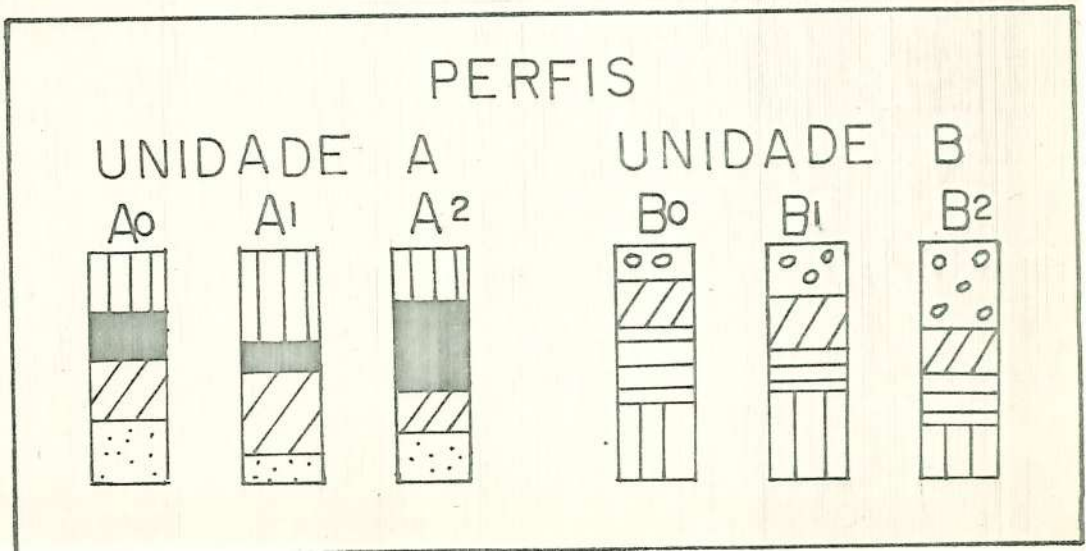
2.4 - Este sistema foi desenvolvido para ser usado na Holanda, para resolver o problema de representação das relações entre os depósitos do Holoceno e Pleistoceno. A finalidade deste sistema é aumentar a capacidade de informações de um mapa, com associação de símbolos e cores. Este sistema associa, a um mapa, perfís que representam as variações dos materiais na 3ª dimensão.

Rummeleu (1965) comenta que a representação de um complexo espacial (composto pela soma ou combinação de atributos) não é feita pela soma ou combinação das características de cada atributo. No caso, os atributos estão ligados a identidade de uma unidade e funções das suas relações geométricas; consequentemente, pequenas mudanças nos limites destes atributos podem significar mudanças na definição das unidades.

Este sistema de representação apresenta deficiências quanto a representabilidade lateral dos atributos; apesar deste problema que o sistema apresenta, o método é muito utilizado.

FIGURA 12 - Exemplo de Perfis Usados nos Mapas.

Legenda - Perfil



A representação em 3ª dimensão de pontos, secções cruzadas, perfís parciais e outras situações como os blocos não apresentam grandes dificuldades, pois não necessitam de ser representados em plantas bi-dimensionais. O sistema de "Hastes" usadas em alguns trabalhos (Israel, Austrália e países da Europa leste) são variações do sistema perfil-legenda.

Muitas unidades que são mapeadas, não são definidas somente por suas características, mas sim junto com suas relações com outras unidades ou com atributos de outras unidades da região. As relações podem ser diversas desde genéticas, espaciais, lógicas, simples, compostas, etc.

2.5 - A classificação agregacional (Nested) pode ser demonstrada pelos diagramas de Euler e Venn (apud Varnes, 1974) (vide Figura 13), assim como num mapa que representa a situação de ocupação (vide Figura 14).

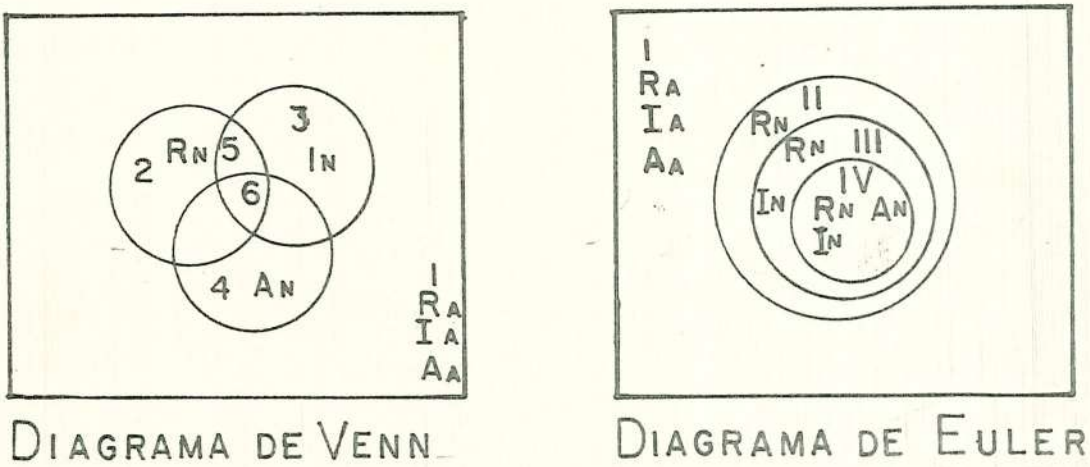
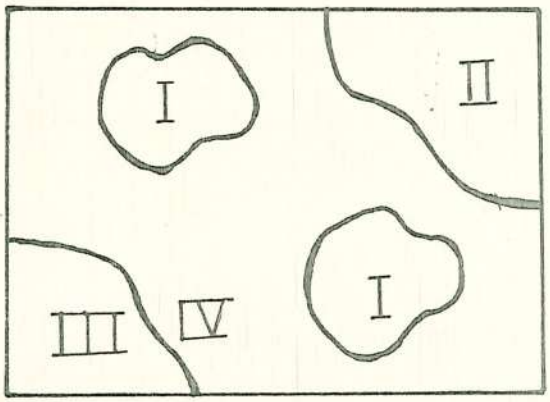


FIGURA 13 - Diagramas de Venn e Euler



I - Área favorável aos 3 tipos de ocupação.

II - Área favorável a agricultura e indústria.

III - Área favorável à agricultura.

IV - Área desfavorável a todos.

FIGURA 14 - Mapa Representando os Diagramas de Venn e Euler

É uma representação muito usada para mapas de zoneamento que retratam ocupações diversas. Normalmente dão bons resultados quando utilizados. Pode-se observar que cada unidade engloba atributos das outras unidades, como a unidade IV engloba atributos da III, a III engloba atributos da II, etc.

5 - Operações executadas sobre mapas

As informações representadas em um mapa nem sempre o estão da maneira desejada por todos os usuários, surgindo daí a necessidade de manipular estas informações até se obter a situação almejada. Este ato de manipular é desenvolvido através de um conjunto de operações básicas: generalização, seleção, adição ou superposição e transformações. Estas operações são de grande utilidade na elaboração de mapas geotécnicos, em vista da diversidade de dados e situações que devem ser tratadas para os mais diversos fins de engenharia ou planejamento.

a) Generalização

O ato de generalizar implica uma simplificação, e portanto exige a existência de informações mais detalhadas ou arranjadas de maneira mais complexa ou ainda representadas de maneira confusa.

Nos mapas (principalmente no geotécnico) existem dois grupos de atributos - os tipológicos e os de área; as generalizações podem ocorrer em um ou nos dois grupos. Orvedal e Edwards (1941) formalizaram as generalizações categóricas e as cartográficas.

a.1) Generalização cartográfica ou espacial

Ao analisar este processo, deve-se retirar as tortuosidades existentes nos contatos, assim como as pequenas reentrâncias de uma unidade em outra. As pequenas unidades entre as unidades maiores, devem ser absorvidas; estas mudanças devem obedecer à finalidade do mapa e escala, bem como observar cuidadosa-

mente para não variar as classes tipológicas restantes e verificar se o acréscimo de heterogeneidade das bordas das unidades não afetarão o resultado final (Vide Figura 16).

a.2) Generalização tipológica ou categórica

É caracterizada como a fusão de unidades, sejam contíguas ou não; nas primeiras existe a retirada de contatos que os separam, após a análise dos novos atributos e a fusão determina-se um novo símbolo para designar a nova unidade.

As novas classes serão baseadas num nôvo grupo de atributos, onde antigos e novos se agrupam. Normalmente este tipo de generalização faz diminuir a heterogeneidade, mas também faz perder detalhes informativos, deve se ter o devido cuidado para que estas mudanças não alterem o resultado final, diminuindo a precisão do trabalho. Qualquer que seja a informação a ser tratada, em escalas menores estas generalizações são utilizadas como operações básicas (Vide Figura 16).

a.3) Restituição dos Detalhes

Este processo é o reverso da generalização, porém não é muito comum e também não obedece a um procedimento lógico, não é usado para a realização de mapas derivados e o sucesso do processo é função da covariação dos atributos. Os problemas são diversos, principalmente devido aos limites entre as unidades estarem perturbados pela ação contrária (generalização).

A restituição dos detalhes cartográficos é impossível se não existir a referência dos dados (contatos) iniciais.

A degeneralização tipológica só é um procedimento completo quando houver um atributo que foi essencial para a determinação da unidade inicial e também para a unidade generalizada.

Se um atributo não foi considerado essencial para a generalização, então a restituição dos detalhes tipológicos só irá ocorrer se aceitar a heterogeneidade quanto a este atributo.

Como exemplo, (Vide Figura 15) pode-se adotar uma unidade que tenha os atributos 1, 2 e 3, mas não ocorrem em toda a

unidade.

A área definida pelos atributos 1, 2 e 3 sofre uma generalização assumindo que todas as características juntas formam um novo atributo "T"; a restituição no futuro só será possível se houver a manutenção dos limites entre os atributos 1, 2 e 3 originalmente traçados.

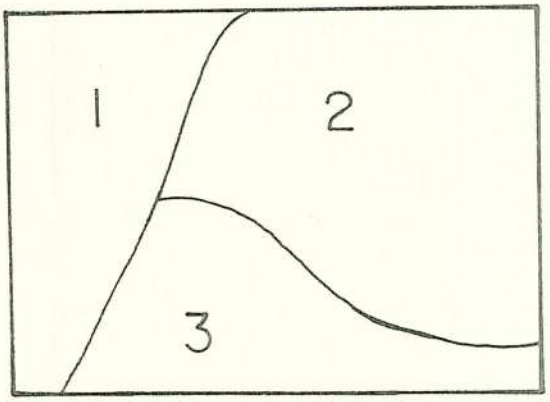
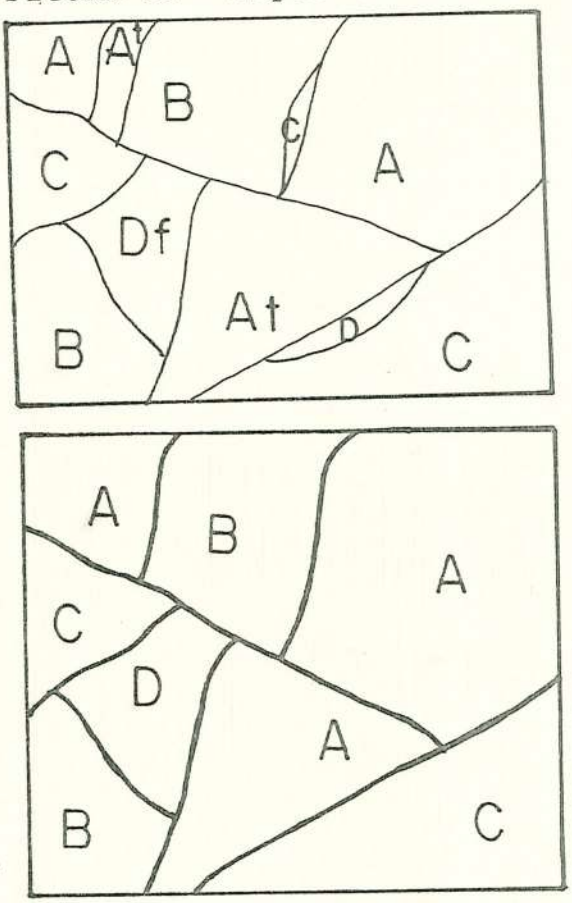


FIGURA 15 - Mapas com os Contatos Originais



Detalhe: mapa com unidades A, B, C e D e com seus atributos limitadores (S', classe de solo); (f, enchentes); (t, taludes) acompanhando as unidades que apresentam limitações.

Observe na Figura 16, a retirada dos atributos limitadores assim como alguns dos contatos (generalização cartográfica e categórica).

As classes Df agora apresentadas como D (generalização tipológica) e a classe C engloba a diminuta área D (generalização cartográfica.

FIGURA 16 - Exemplo de Generalização Cartográfica e Categórica.

b) Seleção

É um processo adotado para separar as informações desejadas e adequadas para um determinado fim. Ao se realizar este processo, deve-se ter todo o cuidado para evitar situações complexas e sem utilidade. Observa-se, inclusive, que é possível realizar a seleção em um mapa já pronto. Na seleção de um atributo ausente, é necessário observar se existe covariancia entre ele e um dos presentes. A operação de seleção é realizada anteriormente aos processos de adição e transformação. É possível executar um meio mecânico-manual como no caso de um atributo estar registrado por uma cor que reflete um determinado comprimento de onda. Assim, ao incidir sobre o mapa um foco de luzes, este comprimento de onda é refletido.

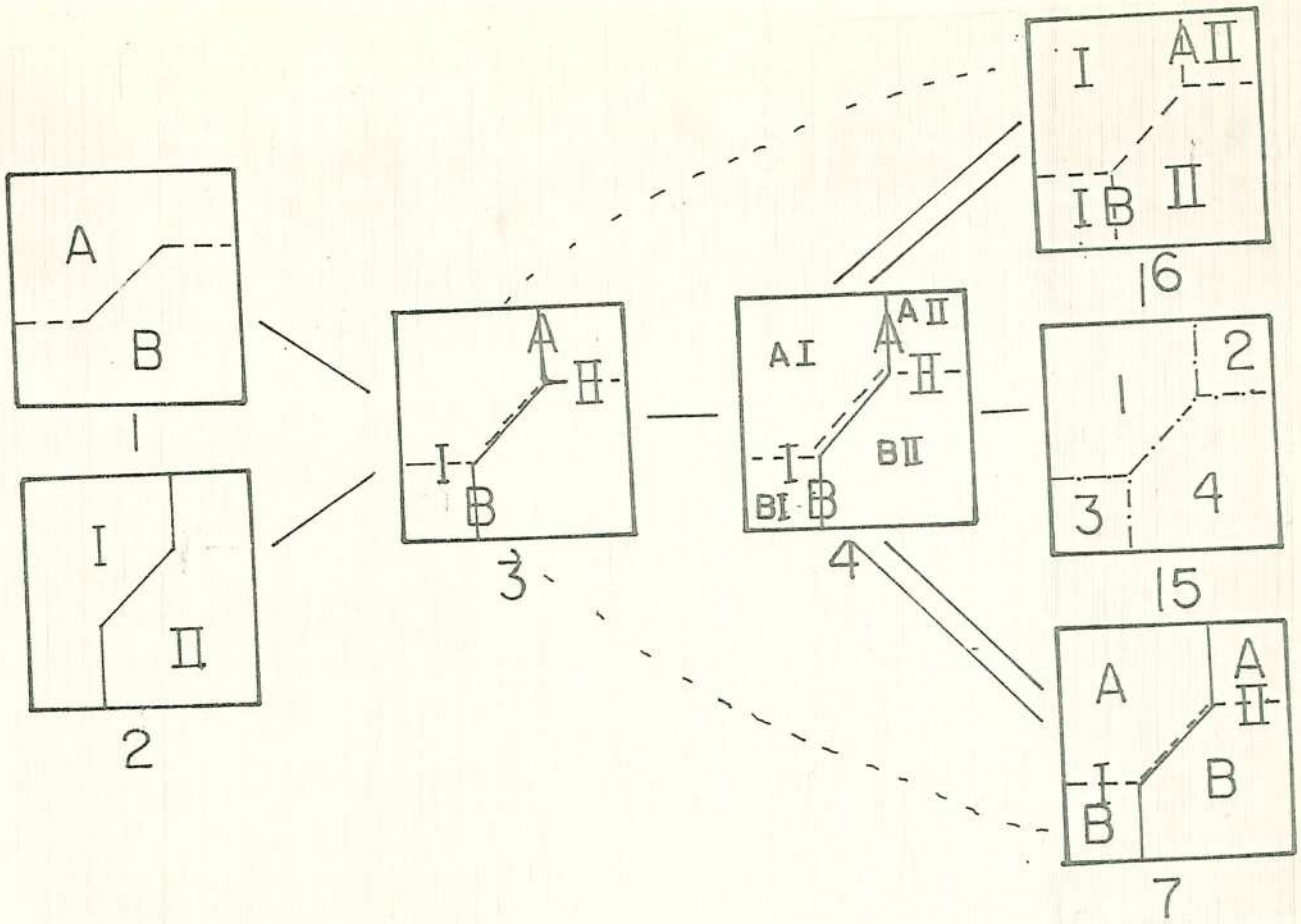
No mapeamento geotécnico, esta operação é fundamental para desenvolve-lo de maneira que atinja a finalidade que se propõe do mesmo. É considerado um mapa simples aquele que mostra a distribuição de um atributo ou sua classe de intervalo.

Mapas compostos são aqueles elaborados a partir de muitos mapas simples superpostos e impressos juntos, numa única folha.

O ato de adicionar informações pode ser realizado por vários processos, a saber:

- adição de atributos em área ou em áreas não mapeadas ou em partes destas áreas;
- adição de atributos em um outro mapa completo;
- adição de informações sobre atributos espaciais ou tipológicos num novo tempo.

No segundo processo, a adição de atributos pode ocorrer pela associação de um mapa completo com outro, principalmente para áreas extensas e é denominado, neste caso, de "superposição", sendo que o processo pode ser melhor entendido no esquema abaixo (Vide Figura 17)



1 e 2 - mapas simples

3 - superposto

4 - regionalizado com pesos iguais entre as letras e os números

5 - análise completa

6 - regiões com números romanos subordinados a letras

7 - regiões onde as letras estão subordinadas a numeros romanos

FIGURA 17 - Operações sobre Mapas

O ato de superposição de mapas simples, produz um resultado diferente do processo de generalização tipológica e o seu entendimento é importante na realização de mapas.

Observa-se, na Figura 17 o quadro 5, que uma generalização tipológica por fusão é executada, com o surgimento de novos indivíduos tipológicos - espaciais; já no quadro 4, que ocorre uma superposição simples, mantendo as áreas e os atributos tipológicos originais.

A superposição é muito usada para a realização de mapas com finalidade de ocupação e também Haans e Westerveld (1970); como exemplo, ver a Figura 18.

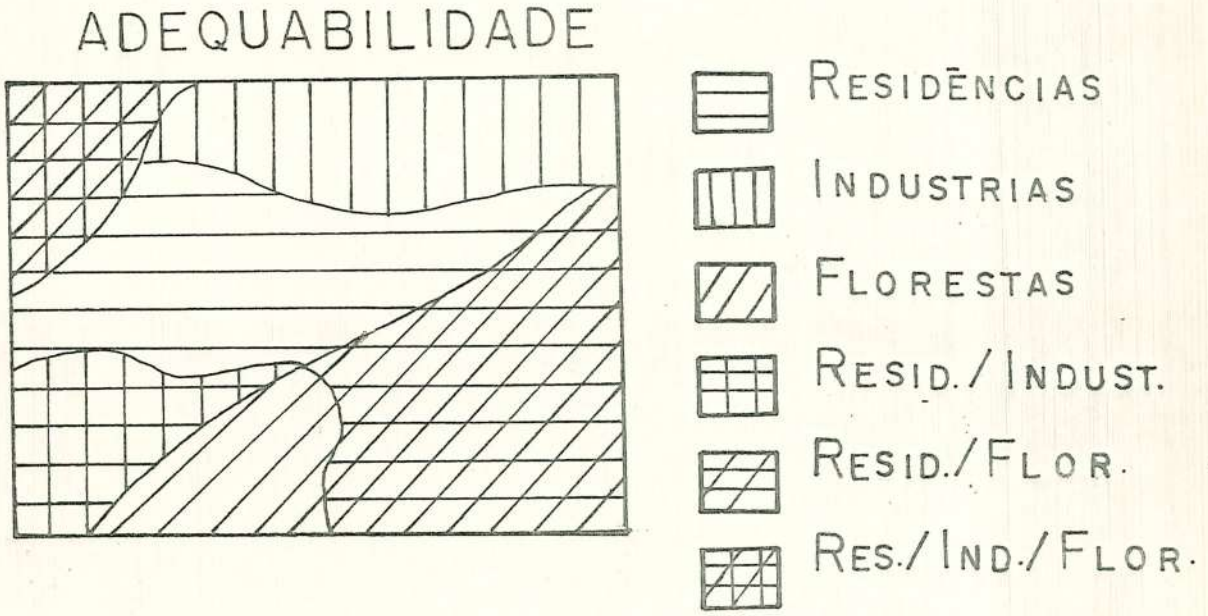


FIGURA 18 - Exemplo de Mapa Superposto

Pode-se adicionar informações em um mapa sem remover os limites já traçados entre as unidades que formam a região, tais como números e palavras que irão acrescentar características no comportamento de engenharia da unidades, informações estas obtidas por diversos meios e que não irão alterar os atributos que determinaram as unidades. Outra forma de acrescentar informações, sem alterar os limites básicos, é através de tabelas que contenham mais detalhes sobre o comportamento das unidades para as mais diversas utilizações.

Existem maneiras de adicionar informações que tornam necessárias mudanças nos limites entre unidades, assim como novas unidades podem surgir. As novas informações podem ou não ser covariantes.

c) Covariação

1º CASO - Covariação não requerida

Ao se introduzir informações, as mesmas podem não estar correlacionadas geneticamente com as unidades a serem combinadas, resultando em uma não covariação espacial. Toma-se, como exemplo, a superposição de 2 mapas simples, um litológico e outro de inclinações dos taludes (Vide Figura 19).

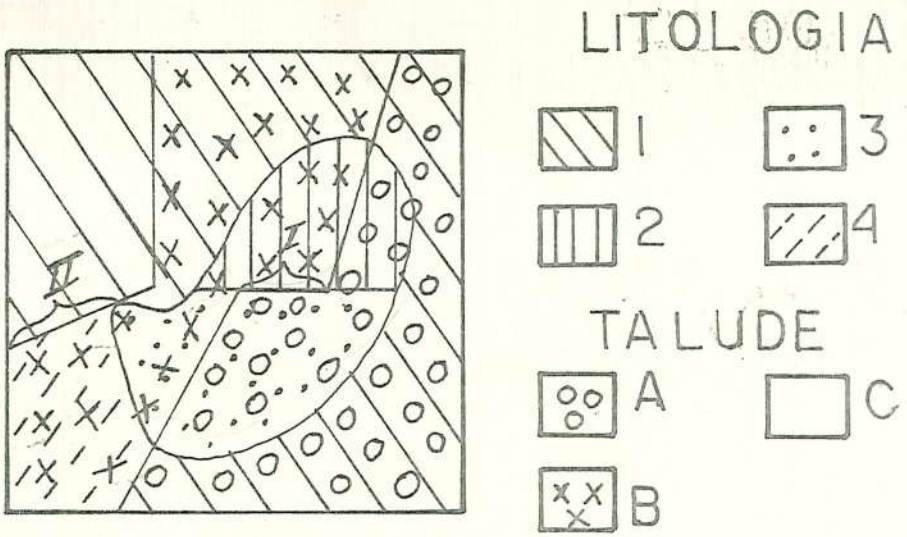


FIGURA 19 - Mapa Exemplificando Covariação

Observa-se que não existe uma covariação específica entre os 2 tipos de mapas, porém no ponto I existe uma mudança que ocorre nos 2 conjuntos de informações (da litologia 2 para a 3 e do talude A para o B); no ponto II, existe a covariação entre 4 e 1 e o talude B e C.

2º CASO - Covariação exigida

Ao se elaborar um mapa, usa-se e analisa-se, para definir as unidades, um conjunto de atributos que podem não apresentar os mesmos limites de mudanças; tais unidades são normalmente denominadas de regionalizadas em termos geográficos.

É necessário escolher os atributos, definir as unidades e analisá-las em termos de contatos e do significado das mudanças nestes contatos dos atributos. Ao se analisar o mapa da Bacia de Zvolen (Tchecoslovaquia), vide Figura 20, onde o zoneamento geotécnico realizado por Matula (1969) é comentado por Varnes (1974), é possível observar que:

- o mapa geotécnico foi baseado em um mapa geológico comum e para finalidades específicas.
- cada unidade do mapa é definida pelos seguintes a-

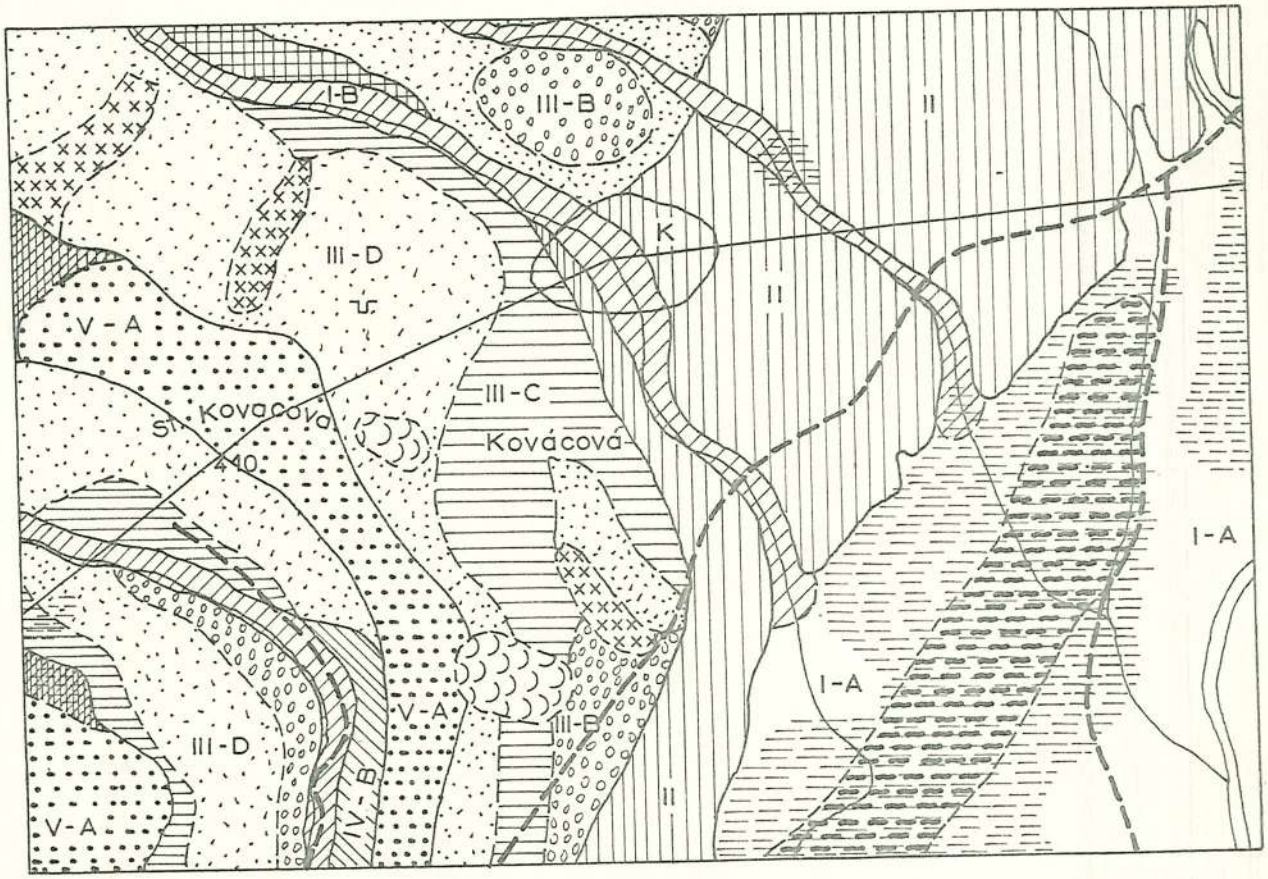


FIGURA 20 -Mapa de Zoneamento Geotécnico da Bacia de Zvolen

tributos básicos: formas geomórficas, taludes, espessura da cobertura e litologia do material sotoposto.

Na matriz abaixo analisa-se quais os atributos que mudam em cada contato. Nota-se que mudarão juntos se existir covariação espacial entre eles (Vide Figura 21).

	IA	IB	II	IIIA	IIIB	IIIC	IIID	IVA	IVB	VA	VB
IA		G	G	G			G	G	G		
IB			G	G		G	G	G	G		
II				G	G	G	G		G		
IIIA						T					
IIIB						L	T L		*	G T	
IIIC							T		G T	L G T	G T
IIID								G (L)	G (L)?	G (L)	G (L)?
IVA									L		
IVB										G L	G (L)
VA											L
VB											

G - variação do atributo geomorfologia

T - varia espess. eluvio

L - varia litologia sub. eluvio

( ) - mudanças permitidas no contato não requerido.

□ - não estão em contato.

* - contato num único ponto.

G.L.T.- são covariantes.

FIGURA 21 - Exemplo de Matriz Unidade x Unidade

Pode-se também observar que existe contato onde há covariação entre os 3 atributos, porém não em toda a sua extensão.

Se o mapeador não exigir uma covariação rigorosa, e ao invés disso usar médias ou outras variações para traçar o melhor contato, resulta uma generalização. Este processo é muito usado e necessita de ser informado ao usuário, sobre o seu significado e o efeito da generalização sobre a heterogenidade da unidade.

Para o mesmo mapa, outros 3 atributos básicos são usados para definir as unidades III, IV e V e estão representados no diagrama de Venn, que retrata adequadamente as relações lógicas (Figura 22), mas não tão bem as relações espaciais. As unidades VA e IIIA podem, imaginariamente, ter contato físico, porém

no diagrama existem outras unidades entre elas.

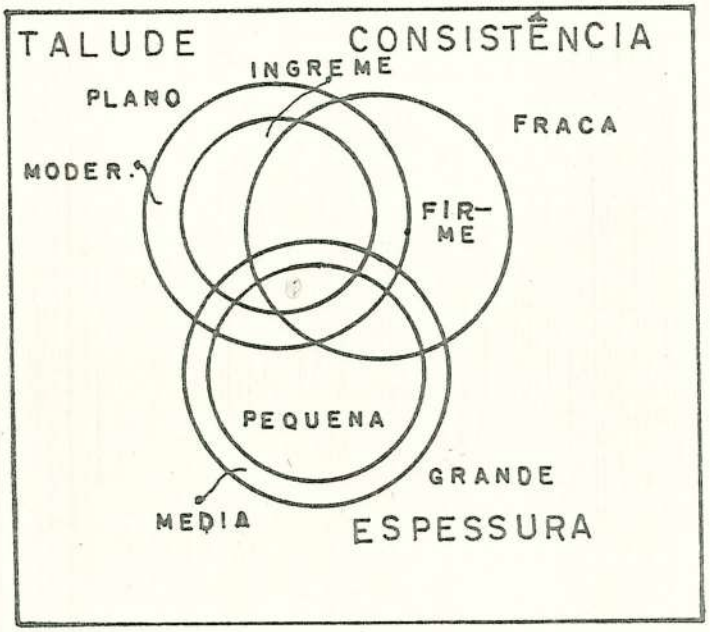
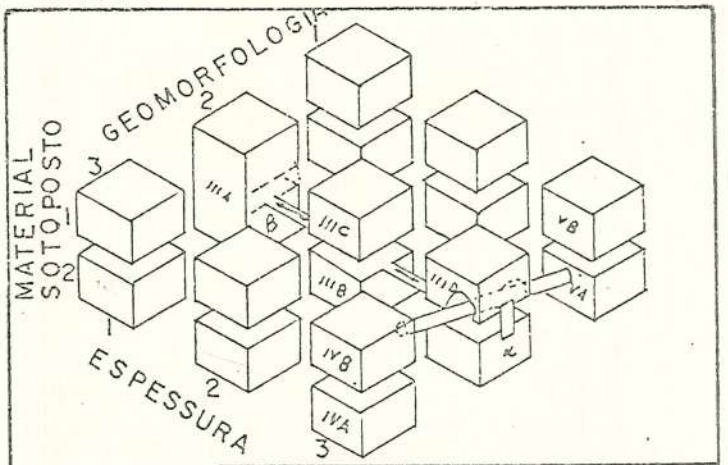


FIGURA 22 - Diagrama de Venn (Bacia de Zvolen)

A forma que retrata melhor as similaridades topológicas de um mapa é a matriz tri-dimensional (Vide Figura 23).

As matrizes funcionam como um conjunto de caixas (unidades) e ainda representam superfícies de contatos ou pontos de contatos e permitem uma análise completa das relações que podem ocorrer.



	MAT. SOT.	GEOM.	ESPES.
1	SEIXOS/ ROCHAS	PLANA	÷5 M
2	COMPR/ PLAST.	MODER.	2.5 - 5M
3		ACENT.	-2,5M

FIGURA 23 - Matriz Tridimensional (Bacia de Zvolen)

No mapa (Figura 20), a unidade VA e IVB estão contíguas, sem que apareça a unidade III, isto devido o contato ter sido traçado na largura da aresta ou por que III é tão pequena em área que não é mostrada no mapa.

Outras unidades que não aparecem no mapa e que estão na matriz (Figura 23), são as unidades α e β, que, segundo o autor, foram englobadas na IIID ou na IIIA ou na IIIB.

Estes artifícios são ferramentas que auxiliam a definição das covariações, assim como a análise dos contatos.

d) Mecanismos de Mudanças

1 - TRANSFORMAÇÃO

É responsável por tornar possível o entendimento das informações pelo receptor através de mudanças no carater e geralmente no significado das áreas, contatos e símbolos dos mapas. Muitos mapas apresentam as informações de maneiras tão complexas, que poucos usuários conseguem absorvê-las, culminando com a não utilização e consequentemente os mesmos não atingem os objetivos.

Ressalta-se que os processos de adição ou aquisição de novos dados não envolvem mudanças de símbolos, identificação, arranjos, etc.

A transformação é realizada por seis procedimentos, divididos em dois grupos. Os três primeiros são de mecanismo simples e ou outros envolvem agrupamento, classificação e fixação dos dados para determinar novas representações, como mostra a seguir:

a) Mudanças na estocagem e elaboração - são realizadas entre escolhas de papéis, filmes, fitas magnéticas e outros.

b) Mudanças na Simbolização - envolvem mudanças no caratér das linhas, cores, bem como de linguagem e variação nos símbolos de dados quantitativos.

c) Mudanças na métrica - podem ocorrer em dois tipos de atributos:

- atributos espaciais - pode-se mudar a escala ou a maneira de projeção e,
- atributos tipológicos - alteram os limites das classes ou a forma das variáveis serem apresentadas. Ex:

d) Extrapolações Espaciais - executadas para propor as informações de um ponto e/ou área para áreas próximas de interesse e também para as não mapeadas nas proximidades.

d.1) Pode-se afirmar que um lugar L2 tem os mesmos atributos A do lugar L1, e que nem todos foram observados ou medidos; esta afirmação pode ser verdadeira se:

- L2 muito próximo geograficamente de L1;
- um subgrupo (A1) dentro de A foi observado em L2 e (A1) é constante em A da área L1, adotando daí A para toda a área L2;

d.2) L1 e L2 então dentro de uma região maior, com certa homogeneidade em termos do atributo B e que tem como subgrupo o atributo "A" ou tem correlação com "A". Este processo envolve a "Interpolação" que é a inferência de um atributo para um ponto em que não foi detectado, através de observações realizadas na vizinhança.

e) Extrapolações tipológicas - Depende da relação existente entre grupos de atributos, ou seja se L1 apresenta os atributos essenciais 1, 2, 3 e 4 e estes possuem relações com 5 e 6, porém não observados e não essenciais em L1. Esta relação pode permitir que se classifique outros pontos usando 5 e 6 no lugar de 1, 2, 3 e 4. Os atributos 1, 2, 3 e 4 poderão ser substituídos só quando as relações implicam ou requerem 5 e 6. Este processo é aplicado em áreas, sempre com a adicional complicação da extrapolação espacial. A extrapolação tipológica é executada predominantemente em duas condições:

- quando a finalidade do mapa requer atributos x e y, de difícil observação; porém, Z e W que possuem relação com as anteriores, são fáceis de observar e portanto

usados para mapear;

- os atributos 1, 2, 3 e 4 não são de interesse para o usuário, mas 5 e 6 o são, ou seja, são essenciais como atributos para determinar as unidades da área. Mesmo estando o mapa baseado em 1, 2, 3 e 4, pode omití-los e mostrar somente 5 e 6.

f) Extrapolação temporal - usa-se a análise de mapas realizados em uma época e toma-se decisões e interpretações para outro tempo. Tal decisão será precisa se os atributos forem estáticos e até imprecisa se os atributos forem variáveis no tempo. É muito utilizada para obter dados úteis para prevenção e adequabilidade de uso.

Ao se realizar o processo de transformação, tem-se que tomar cuidados quanto a alguns possíveis problemas ou equívocos, como o traçado dos limites entre as unidades, usando-se atributos não adequados à finalidade e que trariam grandes dificuldades ao usuário. Ao definir as unidades, deve-se selecionar como atributos essenciais aqueles que definirão as unidades, sem deixar dúvidas ou equívocos na sua definição e no seu uso. Deve-se deixar bem clara a interpretação das unidades para as mais diversas finalidades, de maneira a não confundir o usuário.

6 - Comentários Específicos Para Mapas Geotécnicos

Como em outros mapas, o geotécnico também obedece o princípio básico de traçar linhas ao redor de porções do meio físico, que sejam homogêneas, frente a um grupo de atributos e tendo, como função básica, a transmissão de informações para serem usadas nas mais diversas situações de engenharia ou planejamento.

Segundo Bowman (1968), a linguagem gráfica possui um vocabulário, uma gramática, frases, estruturas, significado e uma série de outras características similares às da linguagem escrita.

Portanto, o mapa geotécnico tem que possuir uma linguagem que atinja os usuários e desta maneira cumprir a sua função; esta linguagem deve fazer uso de todos os artifícios possíveis desde cores, símbolos, padrões e outros.

Ao realizar o mapa geotécnico, o mapeador deverá ter em mente alguns conceitos, segundo Varnes (1974), a saber:

1.- O mapa geotécnico deve facilitar a resolução dos problemas referentes à engenharia e/ou planejamento.

2.- As informações devem ser fornecidas de maneira que possam ser utilizadas por usuários não especializados.

3. As informações devem ser obtidas e analisadas por um grupo de profissionais, se for possível ou necessário, ou por um profissional com experiência nas áreas exigidas para atingir a finalidade do mapa.

4. A geotecnia, principalmente o mapeamento geotécnico está diretamente ligado a vida de um grande número de pessoas.

5. O mapeamento geotécnico tem envolvimento com o governo (legislativo, judiciário e executivo) por este ser um dos seus usuários fundamentais.

6. Levar em conta que os usuários, às vezes, não conhecem os processos da metodologia científica.

7. Há uma lacuna entre os geotécnicos e os administradores que necessita ser superada.

Ainda segundo Varnes (1974), na elaboração de mapas geotécnicos, como produto final, deve prevalecer o que denote interesse, precisão, criatividade e avaliação, conforme se discute a seguir.

a) INTERESSE - o mapeador deve conhecer bem as necessidades dos usuários, assim como as suas relações com o meio físico (ambiente) em termos de coexistência, facilitando assim a escolha da escala, da finalidade e permitindo uma melhor decisão em termo de:

- como identificar, sentir, medir e mapear os atributos que sejam de grande necessidade para a finalidade pressuposta;

- buscar, com habilidade uma exatidão desejada, assim como atingir outras necessidades dos usuários.

- usar todo conhecimento e técnica para que haja um bom acordo entre os usuários e o produto final.

b) PRECISÃO DA INFORMAÇÃO - o mapeador deve usar a linguagem de maneira mais clara possível, usando todos os artifícios para que os usuários interpretem seguramente as informação contidas num mapa geotécnico, sem extrapolar ou forjar informações. É absolutamente essencial que se escreva direito, logicamente, honestamente e claramente, o que é mais importante do que fornecer alguns tipos de informações quantitativamente. Às vezes é mais adequado um esclarecimento em termos de palavras do que a precisão das linhas demarcatórias. As informações serão claras para o usuário quando a transmissão e o significado forem reais, quaisquer que sejam as ferramentas de linguagem, símbolos ou gráficos.

Seja qual for o meio de comunicação, é claro e fundamental que haja uma padronização. Quaisquer que sejam os "grafemas" usados pelo meio de comunicação, os mesmos devem sem simples, ocupar pouco espaço, expressar claramente a descrição e ou classificação dos atributos (objetos) e suas relações, precisão e outras qualidades.

c) CRIATIVIDADE - após comentários sobre padronização, parece até um contra-senso falar-se em criatividade. Porém, a padronização citada é quanto ao meio de comunicação, por isso "criar" é fundamental para o mapeamento geotécnico, pois é o processo que permite um melhor arranjo entre os atributos, favorecendo o crescimento em termos de finalidades. Não só criar com os dados já levantados, mas também com os meios de obtê-los, de usá-los, correlacioná-los, armazená-los e de como será a influência dos atributos no uso, comportamento de obras, etc.

d) AVALIAÇÃO - qualquer usuário, ao deparar com um mapa geotécnico, poderá fazer uma falsa avaliação do mesmo.

Uma das causas mais comuns é a falta de conhecimento da área retratada pelo mapa, ou ainda nada conhecer sobre as informações registradas no mesmo. Ao analisar e utilizar um mapa

geotécnico, o usuário deverá considerar alguns pontos:

- finalidade para qual o mapa foi elaborado;
- informações x escala;
- poder de transmitir as informações, e
- fonte das informações.

Na elaboração de um mapa geotécnico deve-se realizar as investigações de campo somente após ter sido decidida a escala adequada, tempo a ser gasto, custo, grupo de trabalho, quais serão ou deverão ser os usuários, o que colocar no mapa e qual meio de comunicação a ser usado, etc.

Segundo Willatts (1970) os mapas geotécnicos devem ser perfeitos esteticamente, para facilitar o seu uso e as informações nele contidas devem ser as mais reais possíveis.

7 - Mecanismos para Definir Unidades nos Mapas Geotécnicos

Existem três mecanismos básicos para se definir as unidades, ou seja: matrizes simples, matrizes tri-dimensionais e árvore lógica. NUma análise simples pode-se afirmar que a árvore-lógica é o melhor mecanismo para decidir e estabelecer as unidades, enquanto as matrizes se aplicam melhor no sentido da análise e das relações entre as unidades já definidas e as possíveis situações espaciais entre elas.

A árvore lógica, Figura 24, é montada a partir da definição dos atributos que deverão ser fundamentais para definir as unidades do mapeamento, após esta definição, deve-se escolher os atributos e limites em ordem de influência e montar a sequência.

Para cada atributo deve-se decidir e elaborar intervalos limites e a árvore será montada respondendo sim, não ou talvez a cada atributo e intervalo, podendo ainda inferir resposta, não haver informação ou não ocorrer.

Pode-se elaborar uma árvore lógica para que as unidades sejam definidas e adquiram pesos na própria definição.

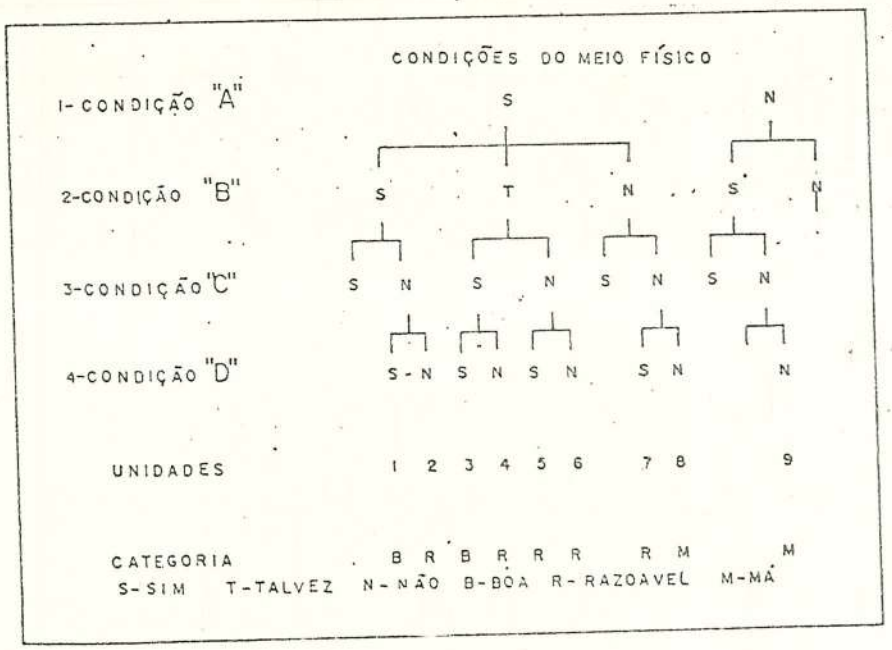


FIGURA 24 - Exemplo de Árvore Lógica para Definição de Unidades

Após a definição das unidades, são montadas as matrizes para que se realizem as análises sobre as relações entre as unidades.

As matrizes são montadas considerando os atributos que decidiram as unidades, concluindo que serão necessárias várias matrizes para analisar as unidades, devido as análises só serem possíveis de realizar com base em 3 ou 4 atributos de cada vez. No caso de 4 atributos, deve-se manter constante um deles.

8 - Princípios Gerais - Mapeamento Geotécnico

Os princípios gerais que orientam a elaboração dos mapeamentos geotécnicos foram citados por Thomas (1970):-

8.1 - Princípios Gerais

1 - Sendo o mapa geotécnico mais complexo do que o geológico, acaba por ser de mais difícil entendimento que este, ainda quando se considera que os seus usuários frequentemente não estão familiarizados com o assunto.

Assim, na confecção do mapa geotécnico e visando a máxima simplicidade possível, recomenda-se:

- limitar o número de atributos a serem considerados

em cada folha, de maneira a resguardar a fidelidade do mapa;

- respeitar a finalidade desejada e mostrar as informações com meios de comunicações versáteis.

2 - Deve-se considerar o mapa geotécnico como um documento temporário e que é susceptível de ser enriquecido por outras informações após sua realização. Todos os documentos que lhe serviram de base devem ser arquivados para que, no futuro, possa-se deles fazer uso na restituição de pontos para solucionar possíveis dúvidas.

3 - O mapa geotécnico nunca deverá ser realizado com o intuito de substituir um reconhecimento local. Deve-se considerar que o mapa geotécnico é um auxiliar ou um indicativo para a escolha adequada de uma dada figura de reconhecimento. Não deve ser realizado como auxílio de um programa de investigação, pois o custo de um mapeamento geotécnico deve ser baixo em relação a esse programa.

Os dados devem ser levantados a partir de trabalhos já realizados, investigações de campo, inclusive com o uso de trados ou penetrômetros alternativos, ensaios laboratoriais simples ou alternativos.

4 - Como o mapa geotécnico não substitui a investigação local, o mapeador deve sempre:

- reportar-se aos materiais superficiais, examinando se os dados são pontuais e se as extrapolações são válidas;

- avaliar quais serão os usuários e os limites de utilização, bem como a precisão dos resultados.

5 - Ao estabelecer os objetivos do mapeamento, deve-se observar as seguintes situações básicas:

- se o trabalho será realizado para um tipo de usuário específico, visando atender situações particulares ou,

- se a carta será para uma gama mais ampla de usuários, e quando então que cada usuário selecionará os atributos que desejar.

6 - Da escolha anterior, existe a exigência de realizar uma análise criteriosa dos atributos a serem mapeados, principalmente quanto à validade, ao limite de investigação e precisão dos dados relativamente aos intervalos estipulados

8.2 - Conceitos Cartográficos

a) Mapa Geotécnico - é uma representação dos atributos geotécnicos levantados, sem realização de análise interpretativa e sempre para escalas inferiores a 1:10.000. Ex: mapa topográfico e geológico.

b) Planta geotécnica - é a representação gráfica realizada em escalas grandes, maiores que 1:10.000, normalmente voltada para locais onde serão executadas obras específicas.

c) Carta Geotécnica - constitui a representação dos resultados da interpretação dos atributos que estão num mapa. Ex: carta clinométrica obtida a partir do mapa topográfico, carta de escavabilidade, etc.

8.3 - Custos

Como já dito anteriormente, os gastos com a realização do mapeamento geotécnico devem ser os menores possíveis e segundo levantamento bibliográfico, os mesmos estão sujeitos a alguns critérios:

a) o aumento do custo é proporcional a distância em que a área se encontra da base do trabalho;

b) o custo unitário do mapeamento diminuirá, quanto maior for a área a ser mapeada;

c) os gastos aumentarão em função dos detalhes exigidos pelos usuários e

d) a complexidade dos atributos nem sempre alteram o custo final.

8.4 - Tipos de Mapas Geotécnicos Quanto a Apresentação dos Atributos

Pode-se ter dois tipos básicos de mapas:

1 - Mapa das condições geotécnicas - onde os atributos são representados em termos de distribuição e valores.

Os mapas das condições geotécnicas são mais comuns e melhor conhecidos do que os de zoneamento. E em função do número de dados e da escala, representam melhor a distribuição espacial, as propriedades e as relações das unidades rochosas, as águas, a geomorfologia, os processos geodinâmicos, etc.

Estes mapas são muito usados pelos usuários com conhecimento do assunto, podendo analisar, para cada atributo ou componente, sua história , sua dinâmica e a sua evolução no tempo, assim como obter suas interações com os trabalhos de engenharia.

2 - Mapa de zoneamento - representa as relações funcionais e espaciais dos atributos básicos que definem unidades homogêneas da área. Tais relações são analisadas por meio de modelos tri-dimensionais. Para os usuários sem conhecimento do assunto, os mapas de zoneamento podem dar uma informação mais simplificada das condições geotécnicas, facilitando o uso e permitindo um melhor proveito.

Os mapas de zoneamento geotécnico são elaborados por dois meios:

2.1 - Zoneamento Regional

Constitui a determinação de unidades homogêneas dentro do território mapeado, representando a individualidade de um local, bem como as diferentes particularidades das condições geotécnicas dos diferentes lugares.

O documento final é obtido, considerando os processos de seleção, superposição e transformação. A seleção dos atributos a serem combinados deve ser executada levando em conta as possíveis influências de cada um deles, pois a sobreposição e a transformação envolvendo um número exagerado de atributos, são procedimentos muito trabalhosos. Um conjunto de três atributos já é consideravelmente trabalhoso para definir as unidades.

2.2 - Zoneamento Tipológico

É processo adotado em muitos países, através das res-

pectivas metodologias. Dessa forma, unidades homogêneas são definidas em função de uma série de atributos relacionados a escala e à respectiva unidade taxonômica (Tabela 01).

Este sistema é o adotado pela Classif. da IAEG (1976) e tem recebido críticas quanto a sua utilização. Apesar da tentativa de padronizar uma metodologia, este tipo de zoneamento tem um certo grau de dificuldade para sua realização.

Na Tabela 01, verifica-se que ao se iniciar o processo, deve-se definir primeiramente a unidade taxonômica e em seguida verificar quais atributos a serem usados para caracterizar a unidade. Nesse sistema, as vezes tem-se que excluir um atributo importante, porém não dentro das condições estipuladas pela metodologia.

UNIDADE TAXONÔMICA	MODELO SIGNIFICATIVO	ATRIBUTOS PARA DELIMITAR	USOS E FINALIDADES
REGIÃO	Modelo estrut. tectogenético dos maiores elementos da terra.	Formações geológicas com carac. básica e inform. no arranjo, desenvolv. sob condições geotécnicas similares.	- escalas - avaliação dos grandes territórios
ÁREA	Modelo da paisagem com unidades geomorfológicas grandes	Feições da paisagem e de macromorfologia básica (uniformes)	
ZONA	Modelo litológico de complexos superficiais.	Uniformidade na distribuição de certos tipos litol. relacion. geneticamente	- planejamento do uso detalhado do terreno - avaliação do amb. geol. p/obras de grande porte
SUBZONA	Modelos geotécnicos do terreno	Estrutura uniforme e arranjo dos tipos geotécnico de solos e rochas	- seleção de locais - estimação das dific. de uso de materiais na construção - planejamento da investigação detalhada
DISTRITO	Modelo geotécnico das condições de fundações	Unifor. do arranjo de solos e rochas, condições hidrogeológicas e processos geotécnicos	- avaliação detalhada das condições geotécnicas p/ projetos de complexos urbanos indicados (Estradas e outros)

TABELA 01 - Exemplo de Unidades Taxonômicas

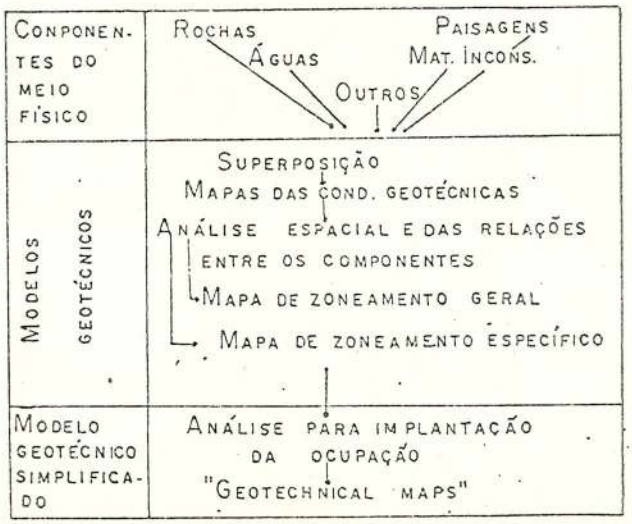
Os mapas de zoneamento geotécnico podem ser realizados para uma finalidade geral em escalas médias ou pequenas ou para uma situação especial (cartas de aptidão).

3 - Cartas de Aptidão

(mapa de zoneamento geotécnico especial ou específico)

Segundo Sanejouand (1972), as cartas de aptidão são realizadas para uma ocupação específica ou para representar as condições de um único problema, tais como de fundações, de rejeitos sépticos, de estradas, de materiais de construção, de construções residenciais e industriais, etc. Devem ser apresentadas em linguagem que expresse aos usuários o entendimento necessário em termos qualitativos (bom, médio, etc); ou de custos (não é muito indicado devido às variáveis que a controlam) ou em termos de técnicas a serem empregadas em cada unidade definida. Para a realização deste tipo de carta, existe a necessidade inicial de se realizar a seleção dos atributos, que deverão ser analisados para o fim proposto; em seguida, normalmente procede-se à superposição simples e obtém-se as unidades com o auxílio dos processos de transformação. É necessário que o mapeador não seja radical na definição das unidades, pois a análise pode indicar a existência de áreas inadequadas para o fim desejado por deficiência de todos os atributos, de somente dois ou apenas um deles. É necessário que a definição seja encarada com bom senso e que traga, no rodapé do mapa, os limites dos intervalos de cada atributo que foi considerado para o caso.

No diagrama modificado de Matula (1979), pode-se observar como são realizados os diferentes tipos de mapas. Todavia, podem ocorrer mudanças em função da metodologia usada.



8.5 - O Mapeamento Geotécnico como Indicador para o Planejamento

O mapeamento geotécnico tem sido usado nos mais diferentes países como uma ferramenta que ajuda definir e fiscalizar a ocupação territorial das regiões de uma maneira ajustada tecnicamente e respeitando as áreas de interesse ambiental e as condições necessárias para que a população desfrute-as sem alterar suas condições básicas de vida.

Ao analisar os trabalhos desenvolvidos para este fim ou para fins semelhantes, conclui-se que o esquema montado por Matula (1979) representa bem a grande maioria dos casos, somente realizando algumas mudanças sobre o esquema geral.

Em todos os trabalhos analisados, respeitando as escalas assim como as características de cada região, os mapeamentos geotécnicos fornecem informações para o planejamento, tanto no âmbito regional quanto urbano, a seguir listadas:

Planejamento Urbano

- localização de auto pistas;
- planejamento para desenvolvimento residencial;
- disposição de rejeitos industriais e domésticos;
- suprimento de água;
- fundações;
- seleção de áreas para indústria;
- descobrimento de possíveis jazidas minerais;
- sistematização de drenagem adequada;
- controle de enchentes;
- adaptação de edificações e topografia e
- áreas para recreação.

Planejamento Regional

- controle de erosão em áreas maiores;
- localização de sítios para reservatórios;
- avaliação de poluição, tanto a nível de solo, quanto água e ar;
- localização de estradas (ferrovias, rodovias, etc);
- disposição de rejeitos doméstico, agrícola, mineral, etc.

Vulnerabilidade
- proteção das áreas de recargas dos aquíferos;
- construção de aterros;
- observação de locais para obtenção de materiais de construção;
- análise geral para fundações e
- áreas agrícolas.

Com o ato de ocupar uma determinada região racionalmente, subentende-se que a ocupação está sendo realizada sob um planejamento adequado, respeitando principalmente os recursos naturais, as vulnerabilidades e outras condições que definem as situações de ocupação.

O processo de planejamento de uma dada região sempre está ligado a uma ou mais ocupações específicas. Para implementar estas ocupações, quaisquer que sejam elas, diversas fases são executadas.

O mapeamento geotécnico poderá fornecer dados às fases preliminares: de inventário, de análise e de escolha do possível local, porém não fornece dados à fase de investigação local, a não ser os de orientação para otimizar esta investigação.

Dentre todas as metodologias e sistemas existentes para a orientação da ocupação do meio físico, alguns são relativos ao processo de mapeamento geotécnico, outros referem-se a realização de mapas para a adequada ocupação dos terrenos. Mesmo enfocando uma situação particular, o produto final também reflete um mapa geotécnico especial. O planejamento deve sempre considerar tanto o meio biológico (plantas e animais), quanto o físico (ar, água e terrenos). Para que o meio biológico se desenvolva dentro de padrões aceitáveis, é primordial que o meio físico seja ocupado de forma a respeitar suas fragilidades.

O simples ato administrativo de planejar, é entendido como escolha das melhores alternativas dentre as existentes para o melhor uso do meio físico porém, obedecendo as estimativas de aumento populacional, industrial e do crescimento das necessidades recreacionais, escolares e sociais em geral, favorecendo uma economia positiva e um eficiente suprimento das diversas necessi

dades.

Frente às necessidades do planejamento, o mapeamento geotécnico é fundamental para otimizar todo o processo. Matula (1978) considera que os seguintes mecanismos são os mais importantes:

- estimativas do potencial de uso das diversas unidades dentro da área mapeada;
- avaliação de áreas para uso específico dentro da região mapeada;
- decisão e avaliação da melhor forma de construir dentro de um determinado lugar; qualquer que seja o objetivo do trabalho, algumas fases durante a realização são comuns, tais como:
- definição dos objetivos e metas a atingir;
- seleção dos atributos ou dos mapas de aptidão que apoiarão a definição das áreas adequadas às finalidades presupostas e superposição das condições anteriores, assim como as transformações necessárias;
- definidas as unidades favoráveis e desfavoráveis para cada forma de ocupação, esta é implementada com base nas características contidas no documento oriundo do mapeamento geotécnico

8.5.1 - Mapeamento Geotécnico como Instrumento de Fiscalização.

Os documentos elaborados a partir do mapeamento geotécnico poderão ser utilizados pelos órgãos públicos para fiscalizar as ações dos usuários que interessam o meio físico.

Para que os dados contidos nos documentos sejam utilizados, é necessário que a apresentação seja simples, que retratem as condições de adequabilidade de cada unidade e que possibilitem analisar a interferência de uma determinada ocupação nas condições ambientais existentes.

8.5.2 - Representação das Condições das Unidades em Mapas

Muitas são as maneiras de representação, mas predominam três modelos:

- o desenvolvido por Quay (1966), utilizando um sistema de cores;

- o utilizado por Froelich (1976) em Fairfax Country, Virgínia (Computer-composite mapping) e

- o método de MacHarg (1969), conforme se descreve a seguir:

a) Sistema de Codificação por Cores (Quay, 1966)

É conhecido também como mapa "semaphore" ou "stoplight" e sua elaboração baseia-se no sistema de cores de um semáforo de rua. Usa-se a cor verde para representar as áreas com condições favoráveis à utilização que se está prevendo; a cor amarela é usada para representar as áreas que apresentam algum problema e portanto carecem de um estudo mais detalhado para a implementação do fim proposto e a cor vermelha, na representação de áreas com condições desfavoráveis ou com problemas severos.

O uso de cores nos mapas podem torná-los muito caros e às vezes inviabilizá-los. Mas os mesmos podem ser impressos em branco e preto, com o auxílio de símbolos, como as letras G (Green); Y (Yellow) e R (red), que deverão ser colocados nas respectivas unidades do mapa. Pode-se também dividir cada unidade em diversos graus de utilização e no caso de se estar usando cores, serão diferenciados por tons (verde claro, verde e verde escuro); sendo por símbolos, pode-se usar tanto números (1, 2 e 3) como letras e índices (G_1, G_2 e G_3) significando graus ascendentes ou descendentes de indicação de uso.

Diversos trabalhos foram realizados e utilizaram este sistema de representação citando-se como exemplos os mapas: produzidos pelo Serviço Geológico de Illinois, os usados por Hackett e McComos (1969), para disposição de rejeito urbano, assim como o original de Quay (1966), para implantação de residências.

b) Sistema Usado por Froelich (1976) (Computer composite mapping)

Trata-se de modelo usado em diversos países, mais vol

tado para adequabilidade construtiva (Vide Figura 26)

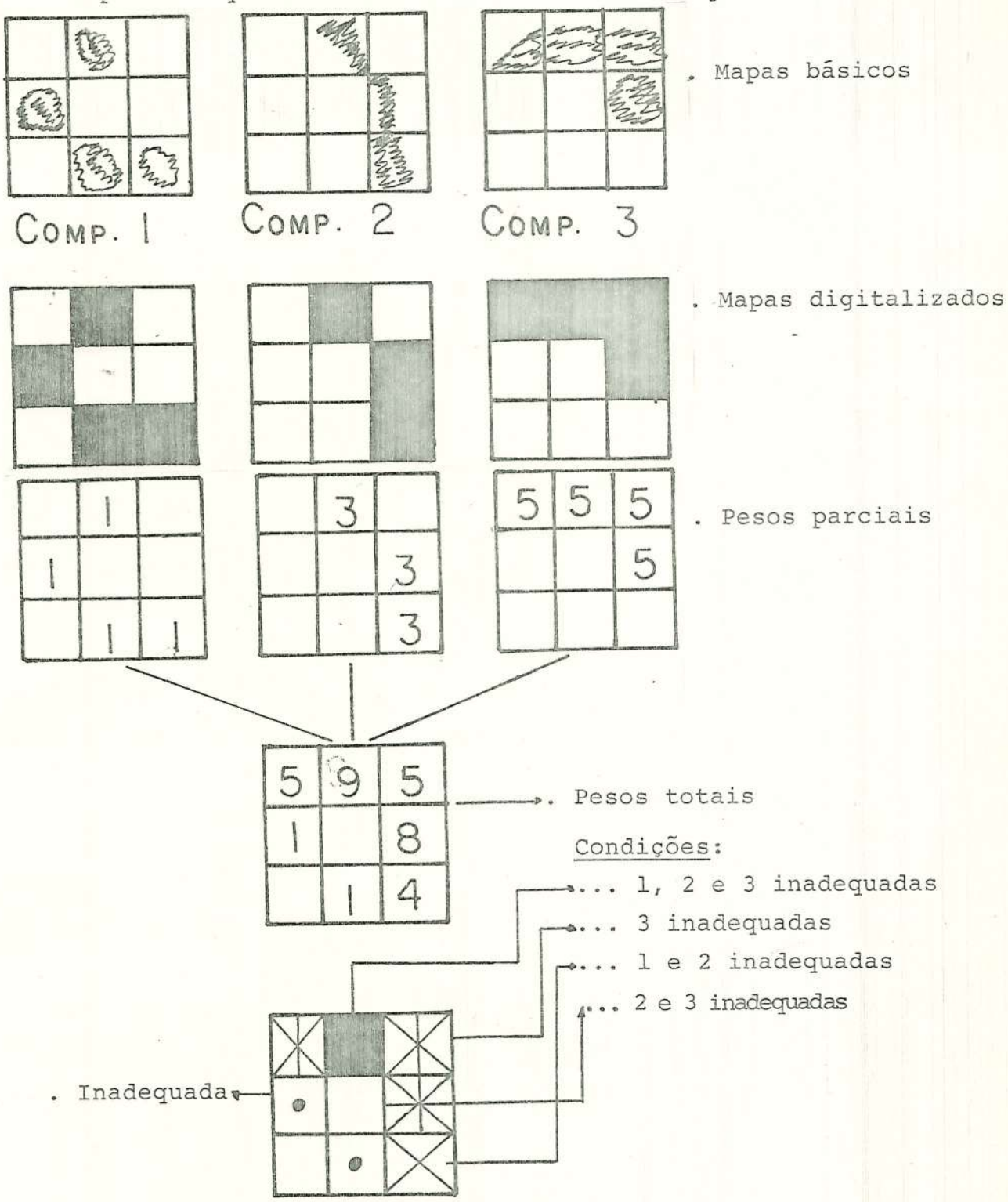


FIGURA 26 - Exemplo de Modelo "Computer Composite Mapping"

Apesar de ser considerado um sistema para ser produzido por computador, não há restrições quanto a sua elaboração pelo sistema manual. Lista-se, a seguir, as etapas para sua execu-

EESC-USP Biblioteca CAMPUS CARLOS

ção:

- definição do uso que se quer prever (finalidade);
- seleção dos atributos ou componentes que influenciarão a finalidade;
- divisão dos mapas selecionados em células;
- digitação ou elaboração dos mapas em que cada célula influenciada seja toda preenchida ou não, em função das características do seu meio físico;
- atribuição de pesos a cada célula de cada mapa, em função de sua importância relativa;
- soma dos pesos parciais de cada célula para obtenção de um peso total;
- definição de símbolos para cada células, em função das limitações definidas pelo peso total obtido.

Além de Froelich (1976), VanDriel (1979) e outros autores utilizaram este sistema.

c) Método de McHarg (1969)

Este método foi formulado inicialmente por volta de 1967, a partir de um trabalho para implantação de uma nova estrada em New Jersey. Tal processo teve prosseguimento com McHarg (1968, 1969, 1970), e consiste na análise e síntese dos dados que são importantes para a finalidade em questão, usando a técnica de sobreposição de mapas transparentes. Todavia, não é considerado muito preciso, devido à interpretação subjetiva que a ele está associada.

Trata-se de um método que apresenta alguns problemas, tais como:

- alto custo para reprodução das diversas folhas em papel transparente;
- muito trabalho manual durante a interpretação e
- muita dificuldade na determinação e atribuição de pesos aos fatores mais importantes.

Apesar destas deficiências, foi muito usado e serviu de base a métodos mais evoluidos (computacionais), bem como para estudos posteriores.

9 - Uso dos Documentos Resultantes do Mapeamento Geotécnico

O desenvolvimento harmônico de uma região deve respeitar as condições de contorno e características do meio físico. Estas condições e características serão melhor conhecidas através do mapeamento geotécnico, que deve ser realizado em escala adequada à extensão da região e aos objetivos que se pretende atingir.

Uma determinada região pode ser ocupada de diversas maneiras, tais como: centros urbanos, indústrias, agropecuária, turismo, etc., as quais sempre exigem obras de engenharia civil de porte e natureza os mais variados.

Na Tabela 02, são apresentados os componentes do meio físico que devem ser considerados no caso de planejamentos regionais (gerais, municipais e de grandes áreas) e de obras de engenharia civil. A elaboração desta tabela foi baseada nos trabalhos de Lokin et alii (1982), Prandini et alii (1971) Lepsch (1983), em observações obtidas em trabalhos de campo e junto a projetos de obras. Nela dá para observar até que nível de detalhe é possível atender através dos documentos obtidos por meio do mapeamento geotécnico.

TABELA 02: NÍVEIS DE PLANEJAMENTO x COMPONENTES DO MEIO FÍSICO

NÍVEIS DE PLANEJAMENTO E UTILIZAÇÃO / GRUPOS DE ATRIBUTOS DO MEIO FÍSICO		PLANEJ. GERAL	PLANEJAMENTO ÁREAS ≃ 1000 km²		PLANEJAMENTO MUNICÍPIO GERAL	PLANEJAMENTO MUNICÍPIO P.URB.		SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	JUSTIF. DA ESCOLHA	PROJETO PRELIM.	PROJETO RETRAB.	PROJETO CONSTR.
		1:100000	1:100 000	1:50 000	1:25 000	1:25 000 1:10 000		ATÉ 1:50 000	ATÉ 1:50 000			
Geomorfologia	Morfogênese	— — —	— — —	— — —				— — —				
	Morfometria		— — —	— — —	— — —	— — —		— — —	— — —	— — —	— — —	
Geologia	Un. Lito-estr.	— — —	— — —	— — —				— —	— —	—Senec—		
	Meio Litogenético		— — —	— — —	— — —	— — —		— —	— — —	— — —		
	Un. Litológica		— — —	— — —	— — —	— — —		— — —	— — —			
	Tipo Mat. (Textural)	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —		— — —	— — —	— — —	— — —	— — —
	Genese		— — —	— — —	— — —	— — —		— — —	— — —			
Caracter hidrogeológicas e hidrol	Águas e bacias superf.	— —	— —	— —	— —	— —		— — —	— — —	— — — —		
	Ocorrência e caracter. das H_2O subterrâneo	— —	— — —	— — —	— — — — — —	— — — — — —		— — —	— — —	— — — — — —	adicion.	
	Propriedade das massas rochosas	⊖ — —	— — —	— —	— — —	— — ⊕		⊖ — —	— — —	— — ⊕	adicon.	adicin.
Fenômen. e proces geodinam	Registro / Previsão	⊕ — —	— — —	— — ⊖	— — — — — —			⊖ — —	— — —	— — ⊕		
	Definição completa	⊖ — —	— — —	— — —	— — —	— — — — ⊕		—seneo—	— — — — — —	— — —		
Propried físicas e mecan. das roch. e mat. incons.	Identif. visual	— — —	— — —	— — —	— — —	— —		— — —	— — —			
	Delimitação preliminar			— — —	— — —	— — —		— — —	— — —			
	Determ.p/ens. "in situ"				— —	— — —				— — —	— —	— —
	Determ.p/ens. em lab.			— — —	— — —	— — —		—se nec—	—seneo—	— — —	— —	adicon.
	Determ.p/ens. alternat.	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —		— — —	— — —	— — — — — —	— — — — — —	
Mat. Naturais	Minérios	— —	— —	— — —				— — —	— — —			
	Mat. p/construção	— —	— —	— — —	— — —	— — —		— — —	— — —	— — —	— — —	
Ocupação atual	Tipo	— —	— —	— —	— —	— —		— —	— —			
	Importância econômica	— —	— —	— —	— —	— —		— — —				

II-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1-Metodologias e Sistemáticas

2-Bancos de Dados

II-1 Metodologias e Sistemáticas

INTRODUÇÃO

O levantamento bibliográfico teve como objetivo básico elaborar uma revisão semi-detalhada de cada forma de análise do meio físico (metodologias e sistemáticas) mais utilizadas em outros países, considerando as informações sobre a eficiência de cada uma delas para as regiões em que foram aplicadas.

As metodologias e sistemáticas foram analisadas levando-se em conta os seguintes pontos:-

- A sua elaboração (origem);
- características do meio físico consideradas;
- classificações dos atributos utilizados;
- obtenção dos atributos;
- finalidades;
- documentos obtidos a partir de cada uma, e
- áreas onde foram empregadas

Após esta apreciação, foi elaborado um esboço pormenorizado do corpo básico (esqueleto) de cada sistemática e metodologia.

No final da revisão, foram realizadas considerações críticas das diversas forma de análise do meio físico, relacionando suas possíveis adaptações às regiões que reunem condições sócio-econômicas semelhantes às do Brasil, como também do possível aproveitamento dos atributos e das técnicas de obtenção pertinentes a cada sistemática e metodologia. Devido ao pouco conhecimento sobre banco de dados em nosso meio, foi elaborada uma revisão preliminar sobre os bancos mais conhecidos, suas finalidade e seus mecanismos.

II- 1.1 METODOLOGIA P.U.C.E (Patterns,Units, Components and Evaluation)

1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Diversos autores tratam e trataram do assunto, tais como Stewart (1968), Woloshin (1968), Mitchell (1973), Olivier (1977) e Grant e Finlayson (1978), analisando diversos sistemas utilizados para análise dos terrenos.

As análises dos terrenos tiveram seu início a algumas décadas, porém só nas últimas (60 e 70) tiveram um grande destaque, com os trabalhos apresentados pelos seguintes autores:

Keifer (1967), através de uma combinação entre os materiais rochosos, as encostas, os solos e as condições de drenagens, que resultou em mapas de uso dos terrenos adequados à: recreação, à agricultura, ao transporte,ao uso residencial, etc;

Seggett (1973), que afirmou ser de fundamental importância a geologia, a geotecnia, a hidrologia e as características dos terrenos nos estágios de planejamento, quaisquer que sejam as futuras ocupações;

Way (1973), imaginou que se as fotos aéreas fossem o meio; identificando nelas as paisagens e seus processos de origem (metamorf., ignea ,glacial, etc). Cada paisagem pertencente a uma unidade, e possui topografia, drenagem, vegetação, uso atual, características dos solos entre outras características, e através delas seria possível realizar uma análise da paisagem para as diversas formas de uso e ocupação a serem desenvolvidos;

Grant (1975), que desenvolveu o sistema P.U.C.E., utilizando os seguintes critérios: geologia, relevo, drenagens, topografia, solos e vegetação, obtendo assim uma classificação dos terrenos para uso no desenvolvimento urbano e regional;

Neil e Scalles (1976), que realizaram um trabalho onde as propriedades físicas necessárias aos projetos e similares são relacionadas com uma avaliação econômica de uma área em desenvolvimento, usando tais dados dentro dos cálculos da possível ocupação;

Olsen (1976), que divulgou casos onde dados de geomorfologia, de solos e de engenharia foram combinados e otimizaram o planejamento do ambiente e a administração da paisagem; como exemplo, citou a ação do Departamento de Agricultura dos U.S.A. em diversas regiões;

Walmsley (1975), que desenvolveu uma classificação biofísica para avaliações regionais; para isto, combinou dados de, fisiografia, vegetação, classificação dos terrenos, geologia, solo, águas e vegetação, obtendo um mapa de unidades biofísicas; esta classificação tinha como objetivo identificar áreas ecológicas significantes e limitações para os diferentes usos e ocupações, bem como auxiliar na produtividade das terras, cita como exemplo, a aplicação feita em British Columbia;
Gonzales de Vallego (1977), que analisa qualitativamente (em termos de geotecnia) uma região para fins de planejamento urbano, sendo que algumas partes foram incluidas em mapas produzindo mapas parciais;

2- PRINCÍPIOS DA AVALIAÇÃO DOS TERRENOS PARA FINS DE ENGENHARIA, SEGUNDO GRANT (1978)

Inicialmente, as regiões eram divididas em várias unidades fisiográficas, como as de Herbertson (1905), Fenneman (1916), sendo que cada região apresentava homogeneidade segundo alguns tópicos. Bourne (1931) sugeriu um sistema de análise baseado nos limites da paisagem (topografia), porém notou que havia homogeneidade em alguns pontos e heterogeneidade em outros, dentro de cada área estudada. Belcher (1943) citou a hipótese de que terrenos similares, possuem propriedades de engenharia próximas e que os problemas de engenharia serão parecidos e resolvidos por meios semelhantes. Christian e Stewart (1953) foram os primeiros a usar, como fator de classificação, a origem geomórfica comum; também defendiam a idéia de que terrenos formados por rochas de litologias semelhantes, com história tectonica e climática parecidas, deviam ser similares quanto ao comportamento; em 1968, os mesmos autores defenderam a idéia de uma classificação com fins gerais, através da integração de áreas. Beckett e Webster (1962 a 1965) usaram sistema similar ao anterior para fins militares, onde procuraram prever propriedades dos terrenos das áreas desconhecidas, através dos dados das áreas compostos por terrenos similares, já estudados.
Por volta de 1966, Brink et alii, realizaram uma síntese dos esquemas de classificação de Christian e Stewart (1953) e Beckett e Webster (1965), propondo um sistema de uso geral, mais amplo em termos de aplicação; Brink e Partridge (1967) aplicaram este esquema numa área da África do Sul.

Nos anos próximos passados (70) o Laboratório de Pesquisa de Estrada, da Inglaterra, adotou um sistema de avaliação dos terrenos mais compreensível, servindo como base para os trabalhos em diversos territórios; (Dowling, 1968), incorporou ao mesmo o esquema de Brink et al (1965), para servir de base e de apoio às avaliações de engenharia. Este novo sistema padronizou uma linguagem e uma metodologia para expressar e comunicar as características dos terrenos e suas implicações em engenharia; possui ainda um sistema de banco de dados manual, que requer uma correção antes de ser processado por sistema digital. Trabalhos também foram realizados por Clare (1960); Clare e Beaven (1962), Clare e Newill (1963); Dowling (1963,1964) e Schofield (1967) empregando métodos menos formalizados na avaliação de engenharia dos terrenos de Borneo, do Caribe, da Nigéria, porém não definiram os sistemas usados nestes trabalhos.

Grant (1965), a partir de um trabalho realizado por Christian e Stewart (1953) nas proximidades de Monte Isa, verificou o uso de critérios geomorfológicos e junto com outros profissionais finalmente desenvolveu o sistema **P.U.C.E.**

Esse sistema baseia-se num grupo de cirtérios, que o direcionam, ou seja:

1- O sistema de classificação dos terrenos apoia-se sobretudo em princípios geomórficos;

2- as propriedades, em cada membro de cada classe de terreno, deve ser homogênea em toda sua extensão;

3- todos os membros de cada classe de terreno, devem ser homogêneos para a classe;

4- a natureza de todas classes do terreno deverá ser objeto de uma rigorosa avaliação, e os critérios para seu reconhecimento ser obedecidas:-

   a- devem ser facilmente observadas e as feições facilmente medidas;

   b- podem ser quantitativos e/ou qualitativos;

5- para ordenar o trabalho, nos diferentes níveis de detalhes necessários aos estudos de engenharia, ou seja para utilização prática no planejamento e construção, o sistema deve ser hierárquico, de maneira tal que os membros de cada classe sejam compostos por uma associação limitada de membros da classe precedente;

6- o sistema deve ser compatível com um meio computadorizado digital para estocagem, coleta e análise das informações pertencentes aos terrenos, ao planejamento e à engenharia, observando-se que:

a- o sistema de nomenclatura deve ser numérico e

b- os números usados devem sempre representar os parâmetros do terreno;

7- os fatores a serem considerados para a classificação dos terrenos são: características das encostas (geomorfologia), geologia e características dos solos e da vegetação.

3- DEFINIÇÃO DAS CLASSES DO TERRENO E DA NOMENCLATURA

3.1- Província

Pode ser definida como uma área do meio físico sob certas condições, a saber:

a- extensão de rochas (sedimentares, metamórficas e/ou vulcânicas) geologicamente uniforme a nível de grupo (I.U.G.S.,1976);

b- rochas de origem plutônica, com litologia e idade uniformes;

c- aluviões e colúvios ocorrendo dentro de uma única divisão de drenagem; (BACIA);

d- material eólico, com litologia uniforme, em uma área continental.

Uma província pode ser determinada com certa facilidade em um mapa geológico na escala 1:250 000. As outras divisões da classificação hierárquica podem ser analisadas usando critérios geomorfológicos.

3.1.1- Nomenclatura (TABELA 3)

(2 dígitos) —— sistema geológico
rochas com base na idade
(3 dígitos) —— tipo de material

3.2- Modelo ou padrão de terreno

Baseia-se em critérios geomorfológicos, tais como amplitude do revelo local, modelo de drenagem e sua densidade e normalmente, apresenta consistência e uniformidade em termos de paisagem. Existe na unidade uma topografia, uma associação de solos e uma vegetação, possíveis de se distinguir em fotos aéreas quando em escala

GONOTEMA	GRATEMA		SISTEMA	
ARQUEOZÓICA	ARQUEANO	1	GERAL	10
	PROTEROZÓICO	2	GERAL	20
			INFERIOR	21
			MÉDIO	22
			SUPERIOR	23
PROTEROZÓICO	PALEOZÓICA	3	GERAL	30
			CAMBREANO	31
			ORDOVICIANO	32
			SILURIANO	33
			DEVONIANO	34
			CARBONÍFERO	35
			PERMIANO	36
	MESOZÓICA	4	GERAL	40
			TRIÁSSICO	41
			JURÁSSICO	42
			CRETÁCEO	43
	CENOZÓICO	5	GERAL	50
			TERCIÁRIO	51
			QUATERNÁRIO	52

EXEMPLO DA NOMENCLATURA DE PROVÍNCIA:-

31.002 → material arenoso
31.002 → idade cambreana

TABELA 3 SISTEMA DE NOMENCLATURA PARA PROVÍNCIAS

Lobo 4. Fulfaro e Sant, 1982
Fuquette, 1987.

Fuquette 1987

adequada.

3.2.1- Nomenclatura (TABELA 4)

- amplitude do revelo local (grandeza)
- densidade da drenagem (canais/km)

Quando surgirem variações dentro do modelo de terreno, deve-se usar um novo dígito separado dos 2 primeiros por um traço (— — / —)

3.3- Unidade do terreno

É determinada por uma análise através da forma do terreno; da associação dos solos e da vegetação.
É caracterizada por ter uma única forma de terreno, e uma determinada associação de solos e vegetação.
As formas de terrenos são classificadas tendo como base uma associação de encostas características e uma consistência em termo de amplitude de relevo local.

3.3.1- Nomenclatura (TABELAS 5,6 e 7)

classe da forma do terreno
configuração de superfície
textura e perfil do solo dominante
vegetação

3.4- Componentes do terreno

São unidades baseadas em critérios geomorfológicos, como tipo e inclinações das encostas, tipo do perfil do solo, uso ou cobertura da terra, vegetação e litologias do substrato rochoso.
Os taludes são analisados sob aspecto tridimensional, como na figura 27, podendo ser considerados, convexos e planares. As litologias (rochas) são descritas e analisadas suscintamente, porém de maneira a fornecer características importantes. Os solos devem ser analisados em função das suas variáveis, tanto no sentido horizontal quanto no vertical e classificados segundo uma das classificações classicas ou uma que seja utilizada na região em questão.

TIPO PRIMÁRIO DO PERFIL	TIPO DE SOLO	SUBDIVISÃO	CRITÉRIOS
U	Uniforme - a textura do solo é uniforme ao longo do perfil	UC UM UF UG	Solo textura grossa Solo textura média Solo textura fina (argilas não expansivas) Solo textura fina (argilas expansivas)
G	Gradacional - a porcentagem de argila aumenta com a profundidade ao longo do perfil	GC GI	O perfil foi desenvolvido em calcáreo O perfil foi desenvolvido em rocha não calcárea
D	Duplo - as porcentagens de argilas crescem até determinada profundidade. (NORTHCOTE, 1971)	Dr Db Dy Dd Dg	Argila do horizonte B - vermelha Argila do horizonte B - marron Argila do horizonte B - amarela Argila do horizonte B - escura Argila do horizonte B - cinza
O	Solo orgânico	sem subdivisão	

FONTE: NORTHCOTE (1971)

TABELA 5: SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

CATEGORIA	PLANTA DOMINANTE	COBERTURA DA FOLHAGEM PROJETADA (p.f.c)	CRITÉRIO
grama rala, ocasionalmente arbustos e árvores	-	< 0,25% para qualquer habit.	-
gramíneas, ocasionalmente arbustos e árvores	capim (grama)	< 0,25% para árvores ou arbusto	< 1 árvore p/75 m < 1 arbusto p/30m
arbustos, ocasionalmente árvores	arbusto	< 0,25% p.f.c. para árvores	< 1 árvore p/75 m
mata aberta	árvores	0,25% - 10% p.f.c para árvores	largura entre árvores > 1 largura da copa de separação
mata	árvores	10% a 30% p.f.c para árvores	distância igual a largura da copa
floresta aberta	árvores	30% a 70% p.f.c para árvores	copas se tocando
floresta fechada	árvores	> 70% p.f.c para árvores	copas se sobrepondo
floresta (úmida) tropical	árvores	> 70% p.f.c para árvores	copas se sobrepondo. Floresta em camadas
floresta em pântano	árvores	> 70% p.f.c para árvores	copas se sobrepondo e terrenos alagados c/H_2O doce
floresta em pântano salobro	árvores	> 70% p.f.c para árvores	copas se sobrepondo, terrenos alagados c/água salobra

TABELA 6: SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO

AMPLITUDE DE RELEVO	DENSIDADE DE DRENAGEM
0 - até 15m	0 - sem drenagem superficial
1 - até 30m	1-1 - drenagem por 1,6 km
2- até 75m	2-2 - drenagem por 1,6 km
3- até 150m	3-3 - drenagem por 1,6 km
4- até 300m	4-4 - drenagem por 1,6 km
5- até 600m	5-5 - drenagem por 1,6 km
6- até 1200m	6-6 - drenagem por 1,6 km
7- até 2400m	7-7 - drenagem por 1,6 km
8- até 3600m	8-8 - drenagem por 1,6 km
9- até > 3600m	9-9 ou mais - drenagem por 1,6 km

TABELA 4: SISTEMA NUMÉRICO PARA NOMENCLATURA DE MODELO DE TERRENO

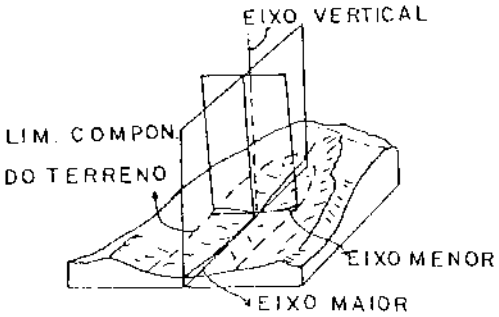
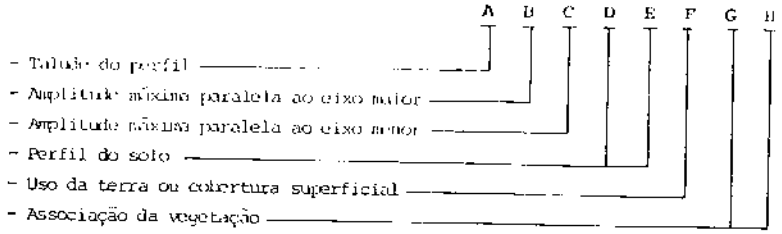


FIGURA 27 REPRESENTAÇÃO DE UMA VERTENTE

TOPOGRAFIA	SOLO DOMINANTE	VEGETAÇÃO DOMINANTE
1- Terrenos planos a ondulados com superfícies suaves e com solos profundos	0- afloramento rochoso solos rasos e solos	0- gramas, ocasionais arbustos e árvores
1.1 superfície plana	1- solos argilosos (Vg)	1- gramíneas, ocasionais arbustos e árvores
1.2 superfície ondul. suavem. (até 2º)	2- solos argilosos (V ou G)	2- arbustos, ocasionais árvores
1.3 superfície ondul. moder. (até 5º)	3- solos argilosos (D)	3- mata aberta
1.4 superfície ondulada (até 10º)	4- solos siltosos	4- mata
1.5 superfície inclinada (até 2º)	5- solos argilo-arenoso (G)	5- floresta aberta
1.6 superfície inclinada (> 2º)	6- solos argilo-arenoso (D)	6- floresta fechada
1.7 superfície inclinada ondulada	7- solos arenosos (V ou G)	7- floresta tropical (úmida)
1.8 superfície incl. fortemente (>10º)	8- solos estratificados	8- floresta pantanosa - água doce
2- Superfície erodida sub-horizontal irregular a ondulada, com solos ou rochas (subdivisões)	9- solos orgânicos	9- floresta pantanosa - água salobra
3- Taludes, incluindo escarpamento entre superfícies (subdivisões)		
4,5,6,7,8,9- para áreas de extremos		

TABELA 7: SISTEMA PARA NOMENCLATURA DE UNIDADES DE TERRENO

EXEMPLO: 1.2.1.1 → gramíneas
→ solo argiloso
→ áreas com superfície suavemente ondulada



A PERFIL DO TALUDE

	PARALELO AO MAIOR	EIXO MENOR
1	Planar	Planar
2	Planar	Concava
3	Planar	Convexa
4	Concava	Planar
5	Concava	Concava
6	Concava	Convexa
7	Convexa	Planar
8	Convexa	Concava
9	Convexa	Convexa

B-C TALUDE - amplitude máxima paralela ao eixo maior ou menor

0 - Plana
1 - 1º
2 - 2º
3 - 5º
4 - 10º
5 - 20º
6 - 40º
7 - 60º
8 - > 60º
9 - Vetical

D-E PERFIL DO SOLO - segundo a classificação adotada

F USO DA TERRA OU COBERTA NATURAL

USO	COBERTURA
0 - Não usada	0 - Ausente
1 - Floresta	1 - Silcrete-arredondada
2 - Pastagem	2 Silcrete-angular
3 - Agricultura	3 - Concreção arredondada
4 - Recreação	4 - Concreção laminar
5 - Urbanismo	5 - Porcelanite
6 - Não designado	6 - Quartzito
7 - Não designado	7 - Calcrete
8 - Não designado	8 - Sais
9 - Não designado	9 - Rocha

G-H ASSOCIAÇÃO DA VEGETAÇÃO - segundo a série dentro de cada província.

TABELA 8: NOMENCLATURA PARA COMPONENTES DO TERRENO

CLASSES DE COMPRIMENTO E LARGURA DAS UNIDADES DO TERRENO

1- até 10m	6- até 2000m
2- até 50m	7- até 4000m
3- até 100m	8- até 8000m
4- até 500m	9- muito extensa
5- até 1000m	

CLASSES DE COMPRIMENTO E LARGURA DOS COMPONENTES DO TERRENO

1- até 2m	6- até 100m
2- até 5m	7- até 500m
3- até 10m	8- até 1000m
4- até 20m	9- mais extensa
5- até 50m	

CLASSES DE ALTURA, DIÂMETRO (TRONCO) E ESPAÇAMENTO DAS ÁRVORES

ESPAÇAMENTO	ALTURA	DIÂMETRO
1- até 2m	1- até 2m	1- até 0,05m
2- até 3m	2- até 3m	2- até 0,1 m
3- até 6m	3- até 6m	3- até 0,2 m
4- até 30m	4- até 12m	4- até 0,3 m
5- escassa	5- até 18m	5- até 0,5 m
6- ocasional	6- > 18m	6- até 0,6 m
		7- > 0,6 m

CLASSES DE RELEVO

1- até 1m	6- até 75m
2- até 5m	7- até 150m
3- até 10m	8- até 300m
4- até 20m	9- > 300m
5- até 30m	

DENSIDADE DE CORRENTES

1- < 0,5 corrente / 1,6 km
2- 0,5 corrente / 1,6 km
3- 1,0 corrente / 1,6 km
4- 1,5 corrente / 1,6 km
5- 2 corrente / 1,6 km
6 a 9- cresce em intervalos de 0,5

CLASSE DO TAMANHO DE BLOCOS

1- até 0,025m	5- até 0,3m
2- até 0,05 m	6- até 0,6m
3- até 0,1 m	7- até 2 m
4- até 0,2 m	8- > 2 m

TABELA 9: CLASSE DE INTERVALOS PARA OS PARÂMETROS DO TERRENO

A vegetação presente na área deve ser analisada em termos de espécie, de densidade, de gênero e de outras variáveis possíveis Esta classe pode ainda ser definida através de:

a- Microtopografia (ou seja, característica própria de uma área da paisagem), dentro dos conceitos básicos e dos limites já citados;

b- uniformidade litológica (rocha) e estrutural;

c- solos e suas associações, quando homogêneos dentro dos limites das classes;

d- associação de vegetação, apresentada de maneira que entre em sua determinação mais de 1 espécie ou gênero, para que não haja descontinuidade.

Deve-se evitar nas análises:

- microtopografia muito pouco significativa em termos de amplitude e área;
- as formas das encostas onde afloram as rochas e materiais estranhos á área, introduzidos acidentalmente.

3.4.1- Nomenclatura (TABELA 8)

RELEVO

talude (encosta)
eixo maior//a magnitude máxima
eixo menor//a magnitude máxima
perfil do solo
uso da terra
cobertura superficial
vegetação

* As medidas dos parâmetros dos terrenos usados para classificá-los devem ser apresentadas em tabelas, com os limites mínimos e máximos estabelecidos ou usados na região (como exemplo os da tabela 9)

4- METODOLOGIA PARA CLASSIFICAÇÃO DOS TERRENOS

A classificação é baseada em estágios de estudo, iniciando por fotointer -

pretação, seguida de um trabalho de campo, com uma possível correção para garantir uma análise e interpretação segura.
Cada parte desta fase se desenrola segundo os seus princípios gerais, como as análises de uma maneira geral.

* Um resumo de todos os processos podem ser observados nas tabelas 10 e 11

4.1- Análise e avaliação da capacidade geotécnica do terreno

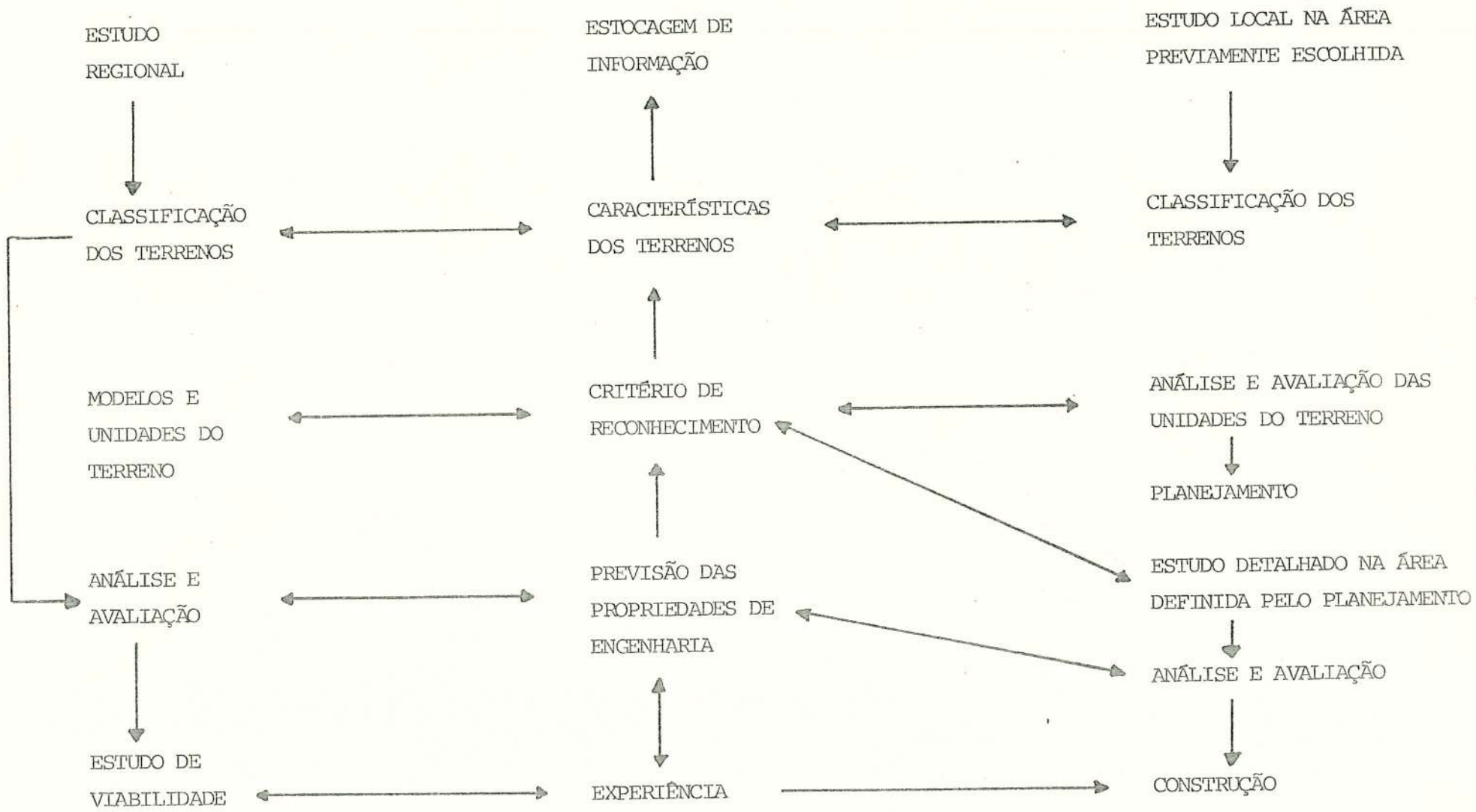
A classificação dos terrenos é o passo preliminar para a análise e avaliação dos terrenos em termos de geotecnia, quanto a aplicação a diversos aspectos da ocupação, inclusive o desenvolvimento urbano e regional. O termo "**Análise**" refere-se a uma apreciação qualitativa e o termo "**Avaliação**" é quantitativo.

Os processos de análise e avaliação visam resolver os seguintes pontos:

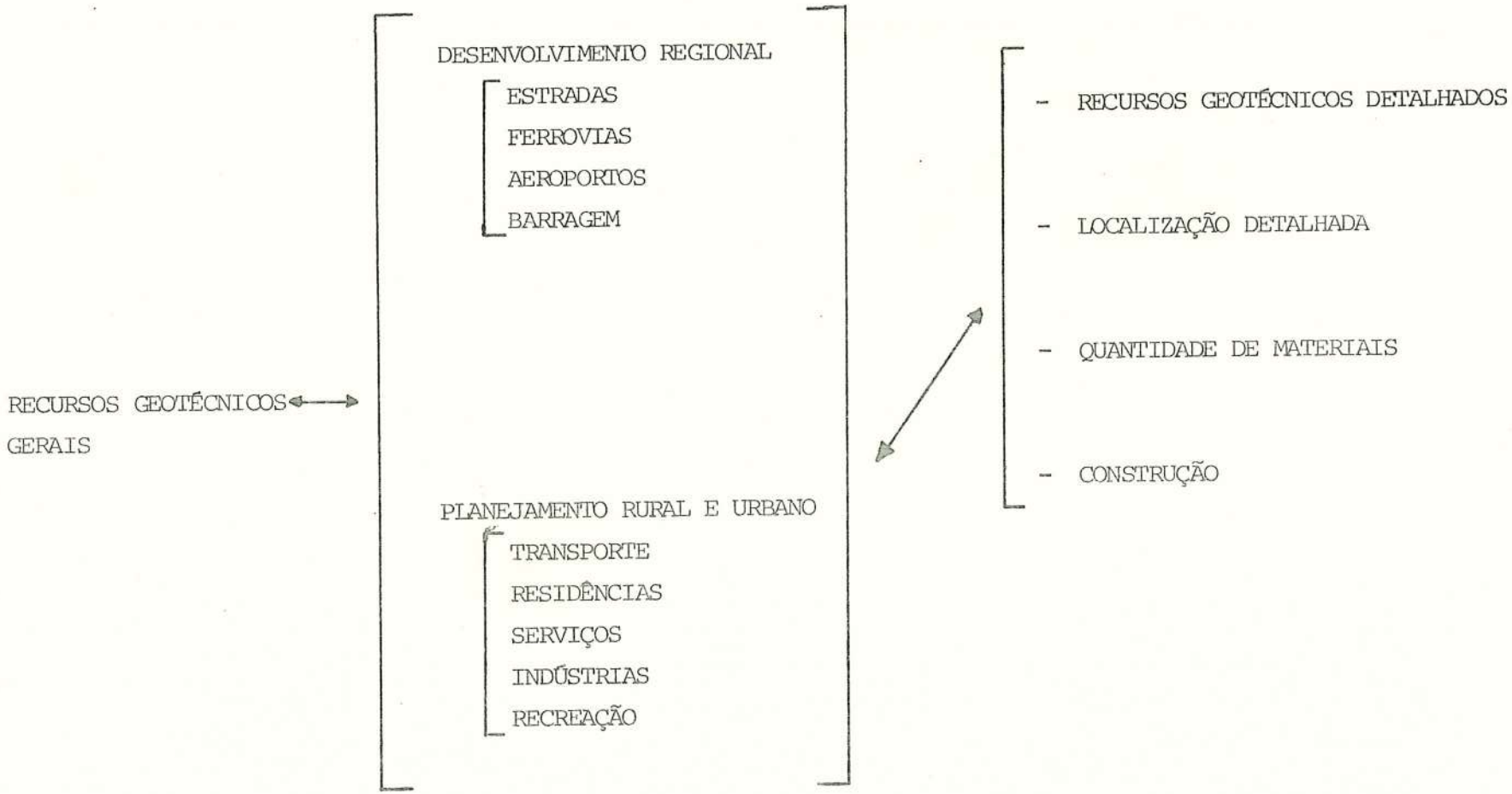
1- as propriedades dos terrenos e os valores que são críticos para as designadas finalidades consideradas;
2- para estas propriedades qual, o nível de detalhe requerido para as determinadas fases do planejamento e da construção;
3- as propriedades que podem ser caracterizadas qualitativa e quantitativamente;
4- estimar e registrar os valores dos parâmetros para o nível em questão.

Os parâmetros a analisar, para cada situação, são diferentes em função do estágio de desenvolvimento de cada área em questão; existem porém dados que são úteis a qualquer estágio.
Na figura 28 pode-se analisar os estágios de avaliação e análise dos terrenos e suas aplicações.

* Devido à variada gama de propriedades necessárias ao planejamento e às obras, é praticamente impossível levantar todas, todavia existem propriedades que somente interessam a um projeto específico, e que não terão valor a não ser localmente.


ESTUDO REGIONAL
CLASSIFICAÇÃO DOS TERRENOS
MODELOS E UNIDADES DO TERRENO
ANÁLISE E AVALIAÇÃO
ESTUDO DE VIABILIDADE
ESTOCAGEM DE INFORMAÇÃO
CARACTERÍSTICAS DOS TERRENOS
CRITÉRIO DE RECONHECIMENTO
PREVISÃO DAS PROPRIEDADES DE ENGENHARIA
EXPERIÊNCIA
ESTUDO LOCAL NA ÁREA PREVIAMENTE ESCOLHIDA
CLASSIFICAÇÃO DOS TERRENOS
ANÁLISE E AVALIAÇÃO DAS UNIDADES DO TERRENO
PLANEJAMENTO
ESTUDO DETALHADO NA ÁREA DEFINIDA PELO PLANEJAMENTO
ANÁLISE E AVALIAÇÃO
CONSTRUÇÃO

a-)



b-)

FIGURA 28: FLUXOGRAMA PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS TERRENOS

a-) ESTÁGIOS

b-) APLICAÇÕES

TABELA 10: CLASSIFICAÇÃO DOS TERRENOS - DIVISÃO E FORMA DE REGISTRO

ESTÁGIO INICIAL DA CLASSIFICAÇÃO			INFORMAÇÕES SUPLEMENTARES	ESTÁGIO FINAL NA CLASSIFICAÇÃO DOS TERRENOS		
FONTES DE INFORMAÇÕES	FATORES RELEVANTES NA CLASSIFICAÇÃO	CLASSE		FATORES RELEVANTES NA CLASSIFICAÇÃO	CLASSE	MODELO PARA EXPRESSAR O RESULTADO
mapas geológicos ou fotos aéreas e outras imagens em escala $1:10^6$	aéreas com geologia constante (grupos, etc)	-	estudos geológicos	áreas de geologia constante. (grupos, etc)	província	mapas 1:25 000 ou maior; outros
fotos aéreas ou outras imagens em escala $1:10^5$	aéreas homogêneas quanto: modelo de paisagem, relevo local, drenagem	modelo em fotos aéreas	estudo da fisiografia do terreno e assoc. de unidades do terreno	áreas com amplitude de relevo local constante, padrão de drenagem constante e densidade, áreas com assoc. similar das unidades do terreno	padrão do terreno	mapa em escala 1:250 000 ou maior; blocos diagramas da paisagem e da associação de unidades do terreno
estudos fotogramétricos em escala da ordem de $1:10^4$	forma de relevo simples	unidade de forma do relevo	estudo para reconhecimento e avaliação das dimensões do relevo. Estudo dos materiais terrosos e vegetativos. Estudo da assoc. dos componentes do terreno	áreas ocupadas por uma única forma de relevo com características assoc. de materiais terrosos e vegetativos. Áreas com similar assoc. dos componentes do terreno	unidade do terreno	mapas em escala 1:25 000 ou maior com as diversas associações
estudos fotogramétricos em escala 1:10, mapas de contornos iguais	tipo único de talude	componente da paisagem	Estudos do terreno para reconhecimento de taludes esp. solo, vegetação, etc.	áreas constante: variação do talude, solos e assoc. da vegetação	componente do terreno	mapa 1:2 500 ou maior com os detalhes exigidos pela classe

tab 11

CLASSES DO TERRENO	FATORES DO TERRENO PARA DESCUÇÃO	FATORES DO TERRENO ADEQUADOS PARA QUANTIFICAÇÃO	MÉTODO PARA QUANTIFICAÇÃO
PROVÍNCIA	- geologia (grupo, fm, etc)	-	-
PADRÃO DO TERRENO	- paisagem - características básicas do solo, vegetação, rochas - padrão de drenagem	- amplitude de relevo - frequência de correntes	fotos aéreas ou medidas "in situ"
UNIDADES DO TERRENO	- formas de relevo - principais características dos solos, rochas e formações vegetais	- dimensões das unidades do terreno (amplitude do relevo, com comprimento, largura)	fotos aéreas medidas "in situ"
COMPONENTES DO TERRENO	- tipo de talude - litologia - solo - associação de vegetação	- dimensões dos componentes do terreno (amplitude do relevo, comprimento, largura e talude) - dimensão da vegetação (altura, diâmetro, espaçamento) - dimensões dos obstáculos - propriedades dos materiais - quantidade dos materiais tenosos	medidas "in situ" medidas "in situ" medidas "in situ" medidas "in situ" e laboratoriais medida ou estimada

TABELA 11: FORMAS DE ANÁLISE E QUANTIFICAÇÃO PARA CADA CLASSE DO TERRENO

tab - 12

A análise matemática é executada quando os dados são levantados em termos de parâmetros e para uma obra específica. Para qualquer objetivo de engenharia ou planejamento, as informações exigidas podem ser encaixadas em 3 classes, que são:

1- estudos da praticabilidade;
2- finalidades do planejamento;
3- finalidades construtivas, observa-se que pode haver pontos em comum, entre as diversas finalidades.

Pode-se observar na tabela 12 as fases construtivas e as respectivas classes do terreno.

* A função primordial deste sistema é gerar dados para que as "locações" sejam realizadas de maneira mais objetiva, racional e econômica possíveis.

Pode-se verificar que quando a classificação dos terrenos nas regiões são realizadas à nível de padrão e unidades de terreno as informações são empregadas com amplo sucesso nos estudos de praticabilidade e planejamento regional, predominando na análise de grandes áreas.

A análise das regiões, a nível de unidades e componentes do terreno, realizada de maneira não adequada pode levar a valores antieconômicos; o procedimento deve ser realizado em áreas já selecionadas através de um planejamento mais amplo (regional) ou em em áreas extensas, onde um número grande de projetos serão desenvolvidos num determinado período, como no caso de parques industriais e de desenvolvimento urbano.

PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES

O sistema de coleta, reagrupamento e estocagem das informações é parte essencial do sistema P.U.C.E.
Para a operação deste sistema, recomenda-se a observação dos seguintes requisitos:

1- o terreno ser classificado dentro das classes, onde os membros sejam homogêneos de acordo com a definição da classe, independente de sua ocorrência;
2- informações de engenharia serem agrupadas para cada membro de cada classe, como a sistemática preconiza;
3- as informações serem levantadas e estacadas usando o membro apropriado da classe do terreno.

Este sistema permite que se acrescente dados e se enriqueça o banco de dados. Deve-se considerar que as informações necessárias para cada objetivo do planejamento formam grupos diferentes e portanto o planejador deve saber como obtê-las através dos recursos disponíveis. Para que o sistema funcione, há necessidade que as informações sejam adequadas "simbologicamente" de acordo com o sistema do computador adotado.

CLASSE DE TERRENO	CONSTRUÇÃO DE ENGENHARIA APROPRIADOS A CADA ESTÁGIO
PROVÍNCIA	- escavações rochosas subterrânea profundas - obras gerais
PADRÃO DE TERRENO	- construção de estradas - equipamento e movimento de terra - pontes, outros - construção de aeroportos (topografia) - construção de barragens (topografia) - construção subterrânea que afetam as superfície - outras obras
UNIDADES DE TERRENO	- construção de estradas - localização, greide - materiais para base - materiais para aterros - material rochoso a escavar - construção de aeroportos - localização - materiais para base - material rochoso a escavar - construção de barragem - localização - situações gerais
COMPONENTES DO TERRENO	- traficabilidade na superfície natural - viabilidade para alimentos - pavimentos de aeroportos e estradas - adequabilidade para material de subgrade - materiais para o pavimento - materiais para o concreto - fundações de edifícios - variação do volume com a umidade - reclaque sob carga - tanques de terra - adequabilidade topográfica e de material

TABELA 12: CONSTRUÇÕES x CLASSES DE TERRENO

II- 1.2 ESPANHA

1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Por volta dos anos 50, teve início a elaboração de cartografia geotécnica na Espanha, ganhando impulso a partir de 1967 com o 3º Plano de Desenvolvimento Espanhol, que definiu cartografia como fator primordial no desenvolvimento territorial, industrial, urbano, etc.... Dessa forma, a partir da análise das sistemáticas usadas em 17 outros países, desenvolveu-se uma considerada mais adequada à Espanha.

2- METODOLOGIA

Foram propostos quatro tipos de mapas geotécnicos básicos:

Mapa geotécnico geral	-	escala 1:200 000
Mapa geotécnico básico	-	escala 1: 25 000
Mapa geotécnico seletivo	-	escala 1: 5 000
Mapa geotécnico específico	-	escala 1: 2 000

Tais mapas devem servir a dois fins fundamentais:

1- Auxílio e assessoramento de estudos de planificação;
2- informação básica a qualquer tipo de construção;

Pode-se observar na tabela 13 uma inter-relação entre os níveis de utilização das cartas e os níveis de administração na Espanha.

2.1. Mapa geotécnico geral

Deve servir à planificação de grandes áreas, de interesse nacional e seu uso é voltado à planificação, seja a nível nacional ou regional, como no caso das grandes vias de transporte e nos sistemas hidráulicos.

Estes mapas são baseados em quatro fatores, tendo como unidades

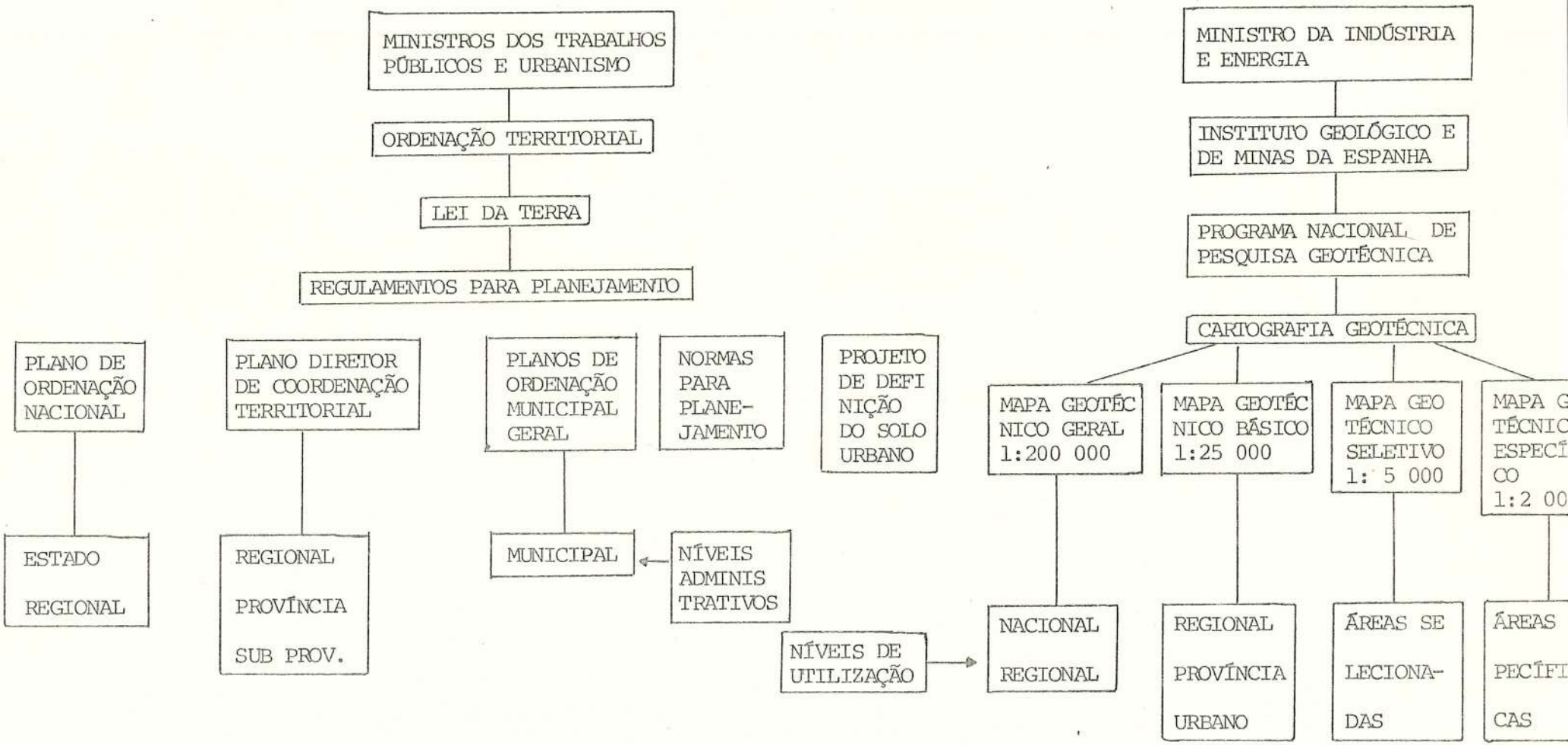


TABELA 13: NÍVEIS ADMINISTRATIVOS x NÍVEIS DE UTILIZAÇÃO

de referência à "Região" (homogênea geotectonicamente) e "Área" (homogênea macrogeomorfologicamente), desenvolvidos sobre uma base topográfica na escala aproximada de 1:200.000.

FATORES	ANÁLISE	UTILIZAÇÃO
litológico		Planificação e ordenação
geomorfológico	MAPA DE INTERPRETAÇÃO GEOTÉCNICA	Análise do transporte
hidrogeológico		Porjetos de infraestrutura
geotécnico		Planejamento regional

A análise deve obedecer os critérios de classificação da tabela 14.

2.1.1- Características litológicas

Deve-se caracterizar os materiais superficiais e os do substrato, usando-se cores para cada grupo, letras maiúsculas para os tipos litólicos (idade) de cada grupo e subíndices para a natureza petrográfica e a origem; deve ser acompanhado de um fichário com as características litológicas.

2.1.2- Características geomorfológicas

Compreende:

a- Análise da carta topográfica, dividindo a superfície do terreno em 4 classes de declividade como a seguir:

CONDIÇÕES CONSTRUTIVAS	CORES	TIPOS DE PROBLEMAS EXIST.		OCORRÊNCIA DE DOIS TIPOS DE PROBLEMAS				OCORRÊNCIA DE 3 TIPOS DE PROB		OCORRÊNCIA DE 4 TIPOS DE PRO.		PROBLEMAS GEOTÉCNICOS	
muito favo ráveis		lito-lógi-cos		litológicos e geomorfo-lógicos		geomorfoló-gicos e hi-drológicos		litol. geomor hidrol		litol. geomr. hidrl. geotcn		capaci dade de car ga	
favo-ráveis		geomor fológi cos		litológicos e hidrológi cos		geomorfoló-gicos e geo técnicos		litol. geomor geotéc				recal-ques	
acei-táveis		hidro lógi-cos		litológicos e geotécni-cos		hidrológicos e geotécni-cos		litol. hidrol geotéc				diver-sos geotéc	
desfa vorá-veis		geotéc nicos						geomor hidrol geotéc					
muito desfa vorá-veis													

TABELA 14: CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO

Plana	0%	a	7%
Intermediárias	7%	a	15%
Abruptas	15%	a	30%
Montanhosas	>		30%

b- Análise dos terrenos quanto à estabilidade, a saber:

- **Estáveis** tanto em condições naturais, como sob ação do homem;
- **Estáveis** sob condições naturais e instáveis sob ação do homem;
- **Instáveis** sob ação do homem e da natureza

c- Cartografia dos fenômenos geológicos endógenos e exógenos, através de símbolos adequados.

d- Divisão dos terrenos em regiões ou em áreas, e acompanhada de um fichário com as características mais representativas.

2.1.3- Características hidrogeológicas

Deve-se levantar as condicionantes das características geotécnicas, podendo-se considerar os terrenos como:

- Zona com drenagem nula.
- Zona com drenagem deficiente.
- Zona com drenagem aceitável.
- Zona com drenagem favorável.

Deve-se distinguir ainda, se possível, o tipo de percolação considerando que os materiais podem ser permeáveis, semipermeáveis e impermeáveis.
Pode-se diferenciar fenômenos hidrogeológicos e hidrológicos, assim como dividir a área em **Regiões** e **Áreas**, em função destas características que estarão registradas em um fichário.

2.1.4- Características geotécnicas

São consideradas as características geotécnicas que interferem diretamente nos processos de ocupação, tais como:

- capacidade de carga
- possíveis camadas de compressibilidade considerável
- sismicidade
- outros fatores geotécnicos

Todas estas características dos terrenos devem ser entendidas como orientativas e gerais. Assim admite-se para a capacidade de carga as seguintes faixas:

muito baixa	$< 1.10^2$ KPa
baixa	1 a 2.10^2 KPa
média	2 a 4.10^2 KPa
alta	$> 4.10^2$ KPa

Em termos de compressibilidade, deve-se considerar simplesmente se existe ou não possibilidade de ocorrência. No caso da sismicidade, deve-se utilizar a escala internacional (MSK):

baixa	< classe 6
média	6 a 8
alta	> 8

Deve-se usar símbolos para outras propriedades geotécnicas; e dividir o terreno em Região e Área, com as suas características descritas num fichário; segundo a escala citada.

2.1.5. Mapa de interpretação geotécnica

O mapa deve ser realizado na escala 1: 200 000 e o terreno dividido nas seguintes classes:

- muito favoráveis
- favoráveis
- aceitáveis
- desfavoráveis
- muito desfavoráveis

TABELA 15: CONDIÇÕES CONSTRUTIVAS E PROBLEMAS

CONDIÇÕES CONSTRUTIVAS FAVORÁVEIS		CONDIÇÕES CONSTRUTIVAS ACEITÁVEIS		CONDIÇÕES CONSTRUTIVAS DESFAVORÁVEIS		CONDIÇÕES CONSTRUTIVAS MUITO DESFAVORÁVEIS	
CORES	Problema do tipo geotécnico		Problema do tipo geotécnico		Problema do tipo hidrológico		Problemas do tipo litológico, geomorfológico, geotécnico e outros
	Problema do tipo geomorfológico		Problema do tipo geomorfológico		Problema do tipo geomorfológico, hidrológico e geotécnico		
	Problema do tipo geomorfológico e geotécnico		Problema do tipo litológico		Problema do tipo geomorfológico		
	Problema do tipo litológico e geotécnico		Problema do tipo geomorfológico e geotécnico		Problemas do tipo geomorfológico e geotécnico		
	Problema do tipo litológico e geomorfológico		Problema do tipo litológico e geotécnico		Problemas do tipo hidrológico e geotécnico		
			Problema do tipo litológico e geomorfológico				
			Problema do tipo hidrológico e geotécnico				
			Problema do tipo litológico, geomorfológico e geotécnico				

tb. 15

São normalmente diferenciadas por cores e obedecem os critérios de classificação da tabela 15 e são dirigidas a diversas finalidades.

As classes são baseadas em tipos de problemas quanto à natureza ou seja litológico, geomorfológico, hidrogeológico, geotécnico ou a associação deles.

Como pode-se observar na tabela 15, um grupo de combinações possíveis de serem representadas por símbolos, refletem uma série de problemas, orientações e utilidades. Assim também deve se dividir os terrenos em Regiões e Áreas, acompanhadas de legenda.

2.2- Mapa geotécnico básico

Deve ser realizado para áreas que necessitem de maiores informações sobre o meio físico. Deve ser um documento adequado, dentro de uma escala de aplicação lógica, assim como deve fornecer certas características mecânicas e físicas dos materiais, suas variações e seus comportamentos frente a algumas finalidades.
Este tipo de mapa normalmente não são onerosos e são muito utilizados no planejamento (regional ou local, urbano ou industrial), assim como na construção de:

- unidades urbanas (expansão urbana, unidades de descongestionamentos e urbanismo rural);
- zonas industriais (leve e pesadas)
- unidades de transporte (melhoria de vias existentes e outras);
- sistemas hidráulicos (aproveitamento de rios ou de água subterrânea);
- zonas turísticas

* Pode-se concluir que os mapas gerais e básicos devem ser financiados pelo Estado, pois servem tanto às empresas públicas quanto aos setores privados.

Neste nível, três pontos devem ser analisados:

a- qual o tamanho da área a ser trabalhada (não é aconselhável ultrapassar os 150 km^2);

b- o que deve ser representado no mapa, qual o nível e a extensão dos detalhes e que nível de valor para cada limite;

c- qual a escala do trabalho, ou seja: a nível municipal ou local e quem serão os usuários. A realização dessa carta compreende três etapas, a saber:

la ETAPA - Definição do que cartografar.

Dentre os dados a seguir relacionados, deve-se definir os que serão cartografados:

-geodinâmicos	internos	tectônica
		vulcanismo
		sismicidade
	externos	desertificação
		zonas erosivas
-litológicos	do substrato	grupos
		alterações
	superficiais	solo (litologia)
		natureza
-hidrogeológicos		sistema drenag.superf.
		químicas
		aquíferos
		vulnerabilidade à contaminação
-relevo	geomorfologia	
	dados de encostas	
-riscos naturais	- materiais de construção (instalações)	
	- minas	
	- outras explorações	

-ambientais - fatores climáticos
- fatores ecológicos

-características mecânicas dos terrenos
- capacidade de carga
- escavabilidade
- níveis de fundações
- recalques
- outros

O objetivo final deste mapa geotécnico é atingir as seguintes metas:

a- Definição das divisões do terreno e sua geotecnia básica.
b- Análise das características físicas e mecânicas fundamentais.
c- Avaliação geotécnica e construtivamente das regiões.

2a ETAPA - Definição de como fornecer as informações.
Como as informações são de diferentes naturezas, devem ser tratadas por sistemas diferentes, ou seja:

a- Delineação de sua existência (litologias)
b- Qualificação de suas características
c- Qualificação de algumas de suas propriedades

A seguinte sistemática foi indicada para a realização do mapa geotécnico básico.

a- Definição da área a estudar, ou seja, extensão e perímetro
b- Confecção de mapa lito-geológico - 1:25 000, devendo caracterizar:

- zonas estruturais
- formações geológicas
- tipos petro-litológicos
- seções geológicas e colunas estratigráficas

c- Confecção de mapa das formações superficiais e do substrato - 1:25 000

As formações superficiais e do substrato rochoso devem ser analisadas sem considerar a origem. Deve-se fornecer todas as variações possíveis tanto no sentido vertical, quanto no horizontal.

d- Confecção de mapas de aptidão ou de capacidade 1:25 000; 1:50 000 ou 1:100 000.

São mapas que estabelecem zonas de aptidão dos terrenos e consequentemente seu comportamento, podendo ser classificados como principais e secundários.

Nos principais, temos fatores geomorfológicos, hidrogeológicos, riscos naturais, etc, e nos secundários temos os recursos naturais, ambientais, etc

e- Confecção de interpretação geotécnica

A partir da análise dos diversos dados obtidos (campo, laboratório, etc), pode-se realizar uma divisão dos terrenos, apresentando algumas características básicas.

Tal divisão é fundamental e deve sempre respeitar os seguintes aspectos:

a- Seleção da área para os objetivos propostos

b- Condições para construção, através:

- das características físicas e mecânicas e
- da análise dos diferentes tipos de obras e problemas.

O trabalho final deve ser apresentado na forma de um dossiê geotécnico, ou seja:

1- Conjunto dos diferentes mapas
2- Memorando (memorial descritivo)
3- Anexos diversos
4- Documentação fotográfica
5- Bibliografia

Todo este processo pode ser executado através de três grandes blocos operativos, como observa-se a tabela 16.

3a ETAPA - Definição dos usuários

O mapa geotécnico básico deve ser dirigido para que os órgãos públicos (principalmente) e a iniciativa privada o utilizem. Na verdade, estes documentos são extremamente úteis e constituem um recurso para consultas sobre, as quais são os melhores meios para se desenvolver e executar uma determinada ocupação.

As vezes, estes mapas não são usados por alguns dos seguintes motivos:

1- Falta de inovação, divulgação e de distribuição.
2- Dificuldade de interpretação.
3- Falta de entrosamento entre os profissionais de outras áreas com os de cartografia geotécnica.

Todos estes problemas podem ser solucionados, através da inovação técnica e de um banco de dados.

2.3- Mapa geotécnico seletivo

Trata-se de mapa realizado em escalas grandes e retrata zoneamentos confiáveis em termos das características analisadas (capacidade de carga, outros).

Deve- ser realizado para fins específicos (áreas pequenas) devido ao alto custo e precisão, financiados pelos órgãos públicos ou

TABELA 16: PLANO PARA ELABORAÇÃO DO MAPA GEOTÉCNICO BÁSICO (1:25 000)

FASES	ORDEM DE EXECUÇÃO DAS OPERAÇÕES	DOCUMENTOS	ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS	RESULTADOS	PROGRAMAÇÃO			EXECUÇÃO	
					ESTUDOS PARA SEREM FEITOS	TÉCNICAS A USAR	DADOS A OBTER	TRABALHOS	RELATOS
FASE 1	ESCRITÓRIOS	-mapas topo gráficos (1:25 000) -fotos aéreas -bibliografia: geologia goetécnica geomorfol. geografia outras	estudos dos documentos anteriores	mapas e conclusões					
	CAMPO		CHECAGEM DOS DADOS						
FASE 2	ESCITÓRIOS				-geológico -hidrológico -ambiental -econômico -regional -geotécnico	-geol.campo -piezometros -permeabilid -estatístico -modelos -trabalhos técnicos	-geológicos -geotécnicos -risco natur -econômico -ecológicos -industrial -climáticos		
FASE 3	CAMPO LABORATÓRIO ESCRITÓRIO							execução dos estudos programados no trabalho ensaios	caracterização geotécnica das zonas

empresas que o necessitem.

São muito utilizados para:

1- Planificações locais

2- Para construção de:

- unidades urbanas
- zonas industriais
- vias de comunicação
- sistemas hidráulicos

A finalidade básica é avaliar a qualidade construtiva dos terrenos, que pode ser:

a- **Qualitativa** - identificação do problema e descrição das possíveis soluções.

b- **Semiquantitativa** - tentativa de resolução dos problemas relacionados na fase qualitativa.

Os mapas geotécnicos seletivos são realizado para auxiliar em obras de infraestrutura (estradas, drenagens, escavações, etc) e construções residenciais e industriais, normalmente são usados por planejadores, engenheiros, arquitetos e outros profissionais ligados a acupação do meio físico.

2.3.1- Metodologia

O mapa geotécnico seletivo é elaborado através das seguintes fases:

a- **Compilação das informações existentes.**

Os trabalhos geológicos e/ou geotécnicos já existentes na área, nas suas proximidades ou em situações pareci - das devem ser analisados.

b- **Estudo geológico.**

Deve-se levantar grupos de informações, tais como:

- seleção dos diversos materiais;
- considerações sobre os materiais de superfície e do substrato;
- características e estruturas dos materiais (falhas, etc...);
- processos geodinâmicos

c- Investigações locais

São realizadas após o estudo geológico, através de: sondagens, amostragens e outros meios, que são usados através de correlações e aplicações já consagradas tecnicamente.

d- **Ensaios de laboratório**

Devem ser realizados sobre os materiais amostrados na fase anterior, com o objetivo de caracterizá-los em termos geotécnicos.

e- **Caracterização geomecânica das formações**

Após estas fases a análise desses dados, permite caracterizar:

1- **"Zona geotécnica"**, definida como um grupo ou formação geológica com características similares.

2- **"Subzonas geotécnicas"**, que podem ser observadas e estimadas em função da complexidade apresentada pelas zonas.

Os parâmetros devem ser apresentados sob a forma de histogramas acumulativos, para diferentes profundidades, permitindo uma análise mais correta e uma melhor recomendação dos terrenos para obras, suas fundações e estruturas de terra.

f- **Caracterização construtiva das zonas geotécnicas**

Após a definição das zonas e subzonas deve-se estimar ou avaliar as condições das zonas ou subzonas geotécnicas, em relação aos possíveis tipos de ocupação.

- Fundações
  - tipo
  - pressões admitidas
  - problema de escavação
  - outros

- Estrutura de terra	- cortes
	- aterros compactados
	- estradas
	- estruturas de retenção
	- obras subterrâneas

Esta fase deve ser acompanhada de um memorial com recomendações para estudos geotécnicos complementares, para cada zona e/ou subzona, diferente.

2.3.2- Representação cartográfica

O mapa geotécnico seletivo é composto por:

a- Mapa geológico

b- Mapa de investigações locais (mapa de dados)

c- Mapa geomorfológico

d- Mapa de drenagem e hidrológica

e- Mapa de formações superficiais - com a preocupação da representação em três dimensões

f- Perfis geotécnicos que juntamente com o item 'e' nos dá uma boa idéia do material em 3 dimensões.

g- Mapa de zonas geotécnicas
Neste mapa, as zonas e subzonas são representadas com suas características litológicas, estruturais e hidrológicas. As condições construtivas (fundações e obras de terra) devem ser representadas com uma aproximação semi-quantitativa.

h- Mapa das condições construtivas
Finalidade única:
São mapas que retratam um único problema ou propriedade, etc, como por exemplo mapa de condições construtivas para núcleo habitacional.

i- Mapa de riscos geológicos

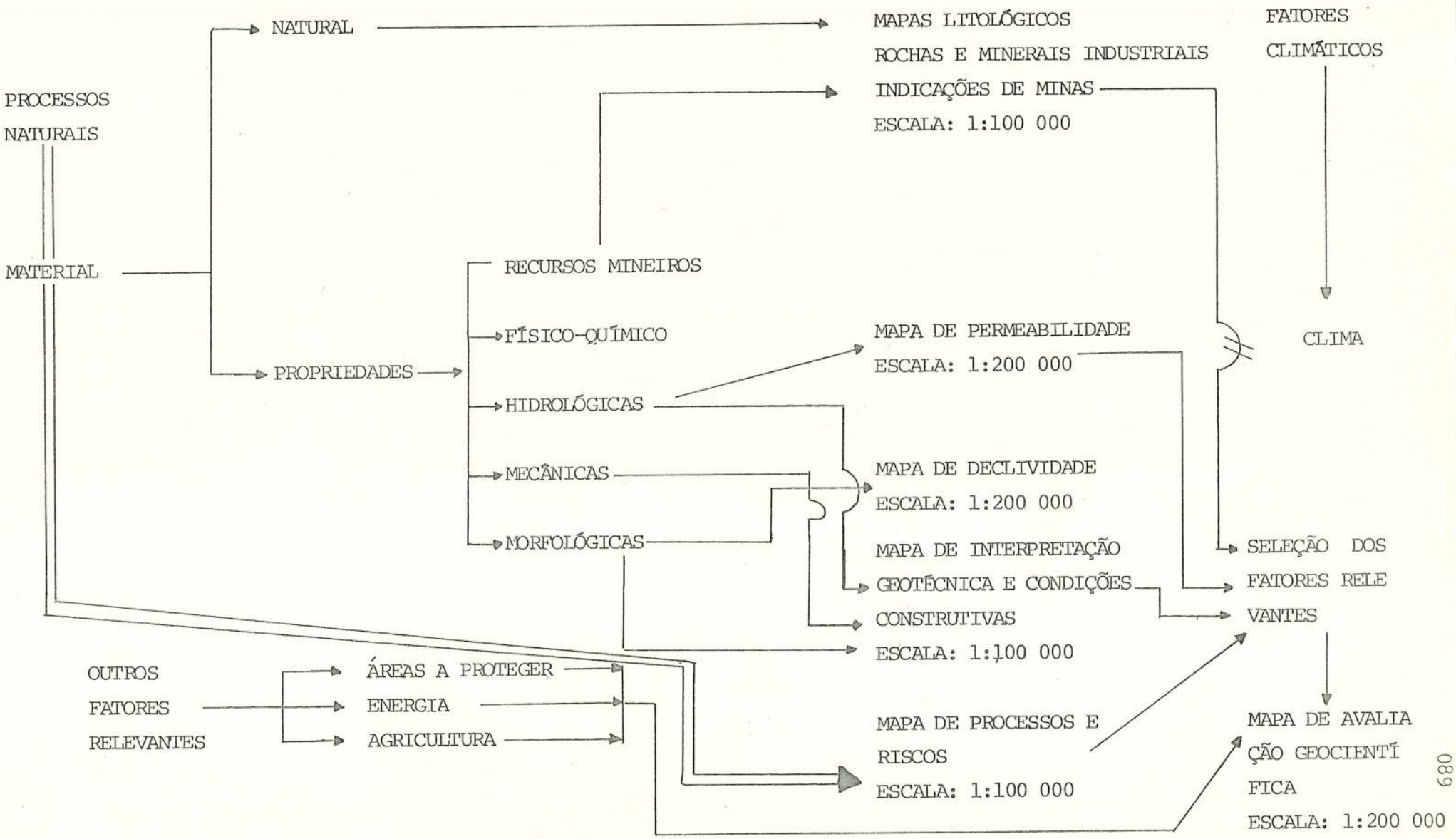


FIGURA 29: ORDENAÇÃO E RELAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS

2.4- Mapa geotécnico específico

Trata-se de mapa realizado para os locais de grandes obras, normalmente financiados pelas próprias empresas construtoras.
São de grande utilidade em qualquer projeto de estrutura, ou de obras em zonas urbanas e industriais, ou em vias de comunicação e de sistemas hidráulicos.
Este tipo de mapa é realizado usando como base a metodologia dos seletivos, porém, enfocando mais o aspecto quantitativo.

3- ELABORAÇÃO DO MAPA GEOCIENTÍFICO

Este mapa é realizado na escala 1:200 000, a partir de um grupo de mapas temáticos e tem como função orientar o planejamento e a ocupação do meio físico.
Um fluxograma para a realização de tais mapas pode ser observado na figura 29.
Compreende os seguintes mapas temáticos:

a- Mapa litológico, contendo:
- Rochas e minerais industriais
- Indicação de minas, etc...

Normalmente são elaborados nas escalas 1:100 000 ou 1:50 000, e devem registrar todas as variações tanto dos materiais do substrato quanto dos superficiais.
Os materiais explotáveis devem ser fornecidos em termos dos seguintes dados:
- tipo de rocha ou mineral;
- estágio atual em termos de exploração;
- tamanho da reserva
- tipo de utilização.

Em termos de indícios de mineração deve-se abordar:
- mineral (tipo, etc...);
- morfologia do depósito;
- tipo químico;
- possibilidades estrativas;
- tamanho da reserva

b- Mapa de permeabilidade e climatologia

Realizado na escala 1:200 000, com as variações litológica, caracterizando-os em permeáveis e impermeáveis, (cores branco e azul) e com informações pontuais de poços e outros. Em termos de climatologia, deve-se registrar as variações das precipitações e temperaturas.

c- Mapa de interpretação geotécnica

Refere-se às condições construtivas e é sempre elaborado na escala 1:100 000,mostrando problemas relevantes,caracterizando os sob aspectos favoráveis ou desfavoráveis. Obedecem o sistema dos mapas geotécnicos gerais e são condicionados por informações litológicas, hidrogeológi - cas, geomorfológicas e geomecânicas.

- **Problemas litológicos:**
  alteração, tectonização, distribuição dos estratos
- **Problemas geomorfológicos:**
  gradientes das encostas, movimentos de terra, ravinamento e outros
- **Problemas hidrológicos:**
  condições de drenagem, lençol freático, físico-química das águas,etc
- **Problemas geotécnicos:**
  expansibilidade, escavibilidade, etc

d- Mapa de processos e riscos

É realizado na escala 1:100 000, dividindo-se a área em função de: estabilidade, tipos de riscos, resistência a erosão dos materiais e utilizando simbologia pontual. Deve obedecer os critérios estabelecidos para os mapas geotécnicos gerais, ressaltando os dados com relação a riscos dos tipos de: inundações, colapso, de salinização do aquífero e geodinâmicas

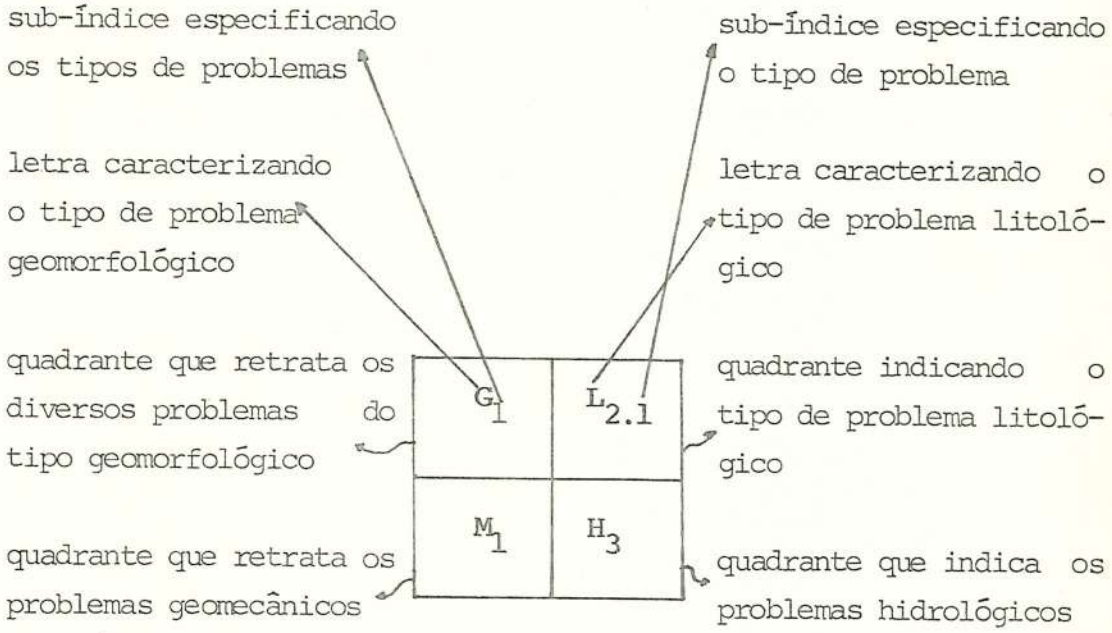
e- Mapa de avaliação geocientífica

Da associação dos mapas temáticos com outros fatores de ordem regional ou local, elabora-se o referido mapa, que orienta os usuários sobre:

- Regiões a serem protegidas
- Recursos econômicos das regiões:
  - minerais
  - energia

- água
- agricultura

- Áreas de riscos:
  - desertificação
  - inundação
  - riscos de colapso
  - salinização dos Aquíferos
  - erosões
  - movimentos de terra
  - áreas com cisalhamento e tectonização
- Sistema de representação no mapa de interpretação geotécnica:



II-1.3 METODOLOGIA PARA MAPEAMENTO DE ÁREAS COM MATERIAIS INSTÁVEIS (Hinojosa e Leon)

É usado para diversos fins, porém predominantemente se aplica em planejamento de estradas.

O trabalho é executado em fases que se caracterizam por tipos de dados a serem obtidos em cada uma.

O engenheiro MACAU foi o pioneiro, desenvolvendo e aplicando-a.

1- Objetivo:

É o de classificar os terrenos em unidades morfodinâmicas, relatando o grau de risco e o tipo de movimento de terreno envolvido.
O mapa deve fornecer dados complementares da estrutura, do clima; de contornos, de drenagem e das condições hidrológicas de subsuperfície e superficiais.

2- Metodologia

2.1- Informações prévias

É necessário que existam mapas em escalas pequenas e que contenham os limites das áreas com problemas de instabilidade, tanto ativa quanto potencial, assim como os possíveis tipos de movimentos.
Além destas informações, outras sobre geologia, clima,etc. devem ser consultadas, assim como fotos aéreas em escala próxima a 1:30 000* e a realização de um levantamento bibliográfico sobre o problema em questão.

As fases e estudo são as seguintes:

a- interpretação das fotos aéreas
b- trabalho de campo
c- amostragem "simples"
d- ensaios sobre as amostras

2.2- Conceitos básicos

a- **litogrupos** - caracterizam unidades com as seguintes feições:
- o conjunto de materiais deve ser homogêneo sob o ponto de vista das características litoestratigráfica e estrutural,devendo ser mapeável em escala 1:100 000.
- litologias diferentes podem ser incluídas, desde que associados a uma área morfológica e morfodinâmica idêntica.
- coberturas pouco espessas devem ser incluídas nos litogrupos.
- são representados simbolicamente por um 1 número.

b- morfo-área - resulta de uma diferenciação morfológica dentro do litogrupo, correspondendo a um perfil típico do terreno e com uma representação ampla.
Normalmente simbolizado por uma letra MAIÚSCULA.

c- unidade morfodinâmica - resulta da diferenciação dentro da morfo-área, devido aos fatores morfodinâmicos:

- OROGRAFIA: relativo ao perfil, requer uma uniformidade de forma, do talude e da rede hidrográfica, conforme tabela 17.

- GRAU DE INSTABILIDADE: na área toda ou em parte dela seja de forma ativa ou potencial, devendo ser representado por um número e uma letra, às vezes com cores e traços.

- GRAU DE EROSÃO: refere-se a porcentagem que poderá ser e as suas intensidades.

- INSTABILIDADE: relativa aos tipos de movimentos:

1º Movimento com componentes verticais predominantes:
- queda e soltagem de blocos
- subsidência

2º Movimentos com forte componente horizontal, onde o movimento de massa mantém arranjo geral:
- deslizamento de terreno
- escorregamento linear
- escorregamento circular
- escorregamento composto
- "creep"

- deformação viscosa

3º Movimentos com forte componente horizontal, onde o arranjo geral da massa movimentada não é mantida.
- fluxo de argila
- movimento de areia repentino
- avalancha de pedras (blocos)

d- **grupo geocinético** - reflete o estudo das instabilidades que existem nas unidades morfodinâmicas; podendo ser ou não individualizadas em função da sua importância.

A unidade morfodinâmica deve ser representada por 2 letras, uma para o movimento e outra para erosão, como tabela 18, definindo o grupo geocinético que a mesma pertence.
Pode-se observar que cada situação é analisada frente ao movimento ser ativo ou potencial.

2.3- Desenvolvimento de trabalho

a- Antes de iniciar os trabalhos específicos, alguns dados devem ser analisados:

- **informações litológicas** - um mapa das características litológicas dos materiais deve ser realizado na escala 1:50 000

- **informações estruturais** - devem estar registradas em um mapa das feições estruturais, em escala 1:200 000

- **informações climatológicas** - tratar informações sobre temperatura, pluviosidade e balanço hidrológico, usualmente na escala 1:200 000

GRUPO	TIPO DE RELEVO	CARACTERÍSTICAS	TALUDE %
0	relevos fracos (diferença de nível menor que 100m)	taludes nulos e/ou moderados	< 7
1		taludes acentuados localmente	< 20
2	relevos moderados (diferenças de nível entre 100 e 300m)	taludes moderados	< 7
3		taludes médios	7 - 15
4		taludes ingremes	15 - 35
5		taludes muito ingremes	> 35
6	relevos fortes (diferenças de nível maiores que 300m)	taludes moderados	< 7
7		taludes médio	7 - 14
8		taludes ingremes	15 - 35
9	relevos muito fortes		> 35

TABELA 17: TIPOS DE RELEVO

TABELA 18: GRUPOS GEOCINÉTICOS

ESQUEMA	PROBLEMAS DO MOVIMENTO	* 1234	SINAIS	SÍMBOLOS	PROBLEMAS: SEM O	FLUVL COSTL E	θ	ε
	sem problemas			0				
	queda de rochas, colapso, avalanche de pedras	1		D	------	D.E		
		2						
		3		d				
		4						
	subsidências	1		H				
		2						
		3		h				
		4						
	movimentos da cobertura do material rochoso	1		R				
		2						
		3		r				
		4						
	movimentos do material intemperizado, mais deformação do substrato e recobrimento	1		F				
		2						
		3		f				
		4						
	movimento de escorregamento rotacional	1		C				
		2						
		3		c				
		4						
	movimentos lineares	1		P				
		2						
		3		p				
		4						
	movimentos complexos c/ deformação do substrato (C,V,R,F e outros)	1		V				
		2						
		3		v				
		4						
	movimentos complexos c/ pouca deformação do substrato (P,C,R podem ser incls.)	1		S				
		2						
		3		s				
		4						
	movimentos diferenciais entre formações c/difer. competências (P,C,D podem ser incls.)	1						
		2						
		3						
		4						

- informações dos contornos dos terrenos - devem ser estudados em escala 1:200 000
- informações hidrológicas - o mapa da hidrologia sub-superficial e superficial deve ser elaborado na escala 1:200 000

b- O estudo, propriamente, é dividido em dois estágios básicos:

1º Trabalho Analítico, consistindo em:
- exame detalhado das bibliografias
- interpretação das fotos aéreas com observações sobre as litologias, as estruturas, as formas e a hidrologia geral

- os dados acima, juntamente com o clima, devem permitir a execução do traçado dos limites entre os litogrupos, em morfo áreas, as unidades morfodinâmicas e os grupos geocinéticos

2º Trabalho de campo
- exame detalhado, no campo, dos componentes do meio físico em questão.

- coleta de amostras para ensaios

- obtenção de informações que complementem as já obtidas no 1º estágio

Como resultado destes trabalhos, devem ser elaborados os seguintes documentos:
- mapa de unidades instáveis;
- planta litológica na escala 1:5 000;
- avaliação geotécnica esquemática, em escala 1:200 000;
- avaliação do esquema estrutural, em escala 1:200 000;
- avaliação climatológica (isotermas e isoetas) em escala 1:200 000;

- contorno esquemático, em escala 1: 200 000, incluindo a ordenação dos terrenos nas seguintes classes:

  < 5% - não há talude
  5-10% - moderado talude
  15-35% - pronunciado talude
  35-100% - escarpa inclinada
  > 100% - escarpas

- analise o esquema das hidrologias subsuperficial e superficial, na escala 1:200 000

- o estudo deve ser acompanhado de um breve relatório sobre a geologia geral; a estabilidade dos taludes e as conclusões gerais.

II- 1.4 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEO-AMBIENTAIS

Este é extremamente importante no planejamento urbano ou regional (territorial), fazendo parte do geo-ambiente a geomorfologia, a litologias, a geologia estrutural, os solos e a hidrologia.

Esta sistemática considera como passo preliminar lógico no planejamento urbano, a análise e o relacionamento de fatores físicos com os econômicos e sociais, sempre considerando os planos e objetivos propostos.

Segundo F. Stuartchapin (1965), o seguinte fluxograma é aconselhável para a análise e elaboração do planejamento urbano:

DADOS BÁSICOS GERAIS DO GEO AMBIENTE	OBJETIVOS DO PLANEJAMENTO URBANO	→ IMPORTANTE PARA ESTABELECER MUDANÇAS, METAS E INFERIR O SUCESSO DO PLANEJAMENTO
	↓ PLANO DE USO DA TERRA	CONTÉM PRELIMINARMENTE UMA PROPOSTA GERAL PARA O FUTURO DESENVOLVIMENTO E PODE SER CONSIDERADO UM GUIA NO USO DAS TERRAS
	↓ PLANEJAMENTO COMPREENSÍVEL	CONTÉM DETALHES DO ANTERIOR EM TERMOS DE DADOS FÍSICOS, SOCIAIS E ECONÔMICOS, CARACTERÍSTICOS DO GEO AMBIENTE
DADOS BÁSICOS GERAIS DO GEO AMBIENTE	↓ PLANO TÉCNICO DE IMPLANTAÇÃO	USO DE MEIOS DE ZONEAMENTO E SUBDIVISÕES PARA QUALIFICAR O GEO AMBIENTE
INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS LOCAIS	↓ PLANEJAMENTO DAS CONSTRUÇÕES	TODOS OS PROJETOS DEVEM SER GUIADOS E SEGUIR AS CONDIÇÕES IMPOSTAS PELO PLANEJAMENTO COMPREENSÍVEL E SIMILARES

Para que os planejadores tenham certas facilidades, é aconselhável a elaboração de um banco de dados, que deve obedecer os seguintes requisitos:

- Conteúdo satisfatório de informações
- Vários níveis de detalhes, para serem úteis nos diferentes estágios do planejamento
- Ser desenvolvido por geotécnicos
- A linguagem e o grafismo usados devem ser simples e padronizados

Esta padronização pode ser efetuada pelo desenvolvimento de um sistema de classificação e uma descrição (dos dados) geo-ambiental formal, como a seguinte:

1- Estabelecer a finalidade do sistema - o que o planejador necessita para desenvolvê-lo e o que pode ser esperado com uso dos dados geo-ambientais.

2- Determinar as relações entre o geo-ambiente e a finalidade; como exemplo, cita-se o elo existente entre a fiscalização do uso da terra e as condições do solo.

3- Determinar os fatores geo-ambientais significativos, ou seja, os que são importantes para as finalidades do planejamento, como por exemplo taludes e tipos de solos.

4- Determinar o tipo e precisão das observações geo-ambientais a serem levantadas em termos de quais atributos e a que nível de precisão.

5- Determinar o melhor meio de obtenção das informações, quer através de trabalhos de campo, fotos aéreas, mapas ou combinações destes.

6- Coletar e qualificar os dados em função dos requisitos dos planejadores.

EESC - USP
Biblioteca
CAMPUS DE S. CARLOS

7- Aplicar os dados para as finalidades determinadas no passo nº 1, transformando um sistema de classificação e descrição em informações capazes de serem aplicadas diretamente, para os fins propostos.

Diversos **"Sistemas de Informações Geo-ambientais"** foram desenvolvidos para servirem a países ou regiões, sendo que os mais conhecidos são:

1- **"Sistema de Geo-informação do Inventário de Terras do Canadá (A.R.D.A., 1965)"**

O mais importante objetivo deste é a classificação das terras quanto à capacidade de uso e de suportar várias atividades. São 8 as classes padronizadas, variando entre **"boa capacidade"** e a **"não capacidade"**, para cada objetivo considerado.

Tais objetivos são:

1- Adequabilidade do solo para agricultura e reflorestamento /

2- Adequabilidade para recreação /

3- Adequabilidade do terreno para a vida selvagem (NATURAL) /

Os dados do geo-ambiente são todos registrados num banco de dados, junto com fatores sócio-econômicos, e que tem por finalidade básica, fornecer os dados automaticamente para uso nas escalas entre 1:50 000 e 1:250 000. As informações devem ser estocadas na forma digital e fornecidas em gráfica. Este sistema não tem sido usado basicamente para o planejamento urbano, porém as técnicas de processamento de dados automáticas e os formatos são considerados muito interessantes.

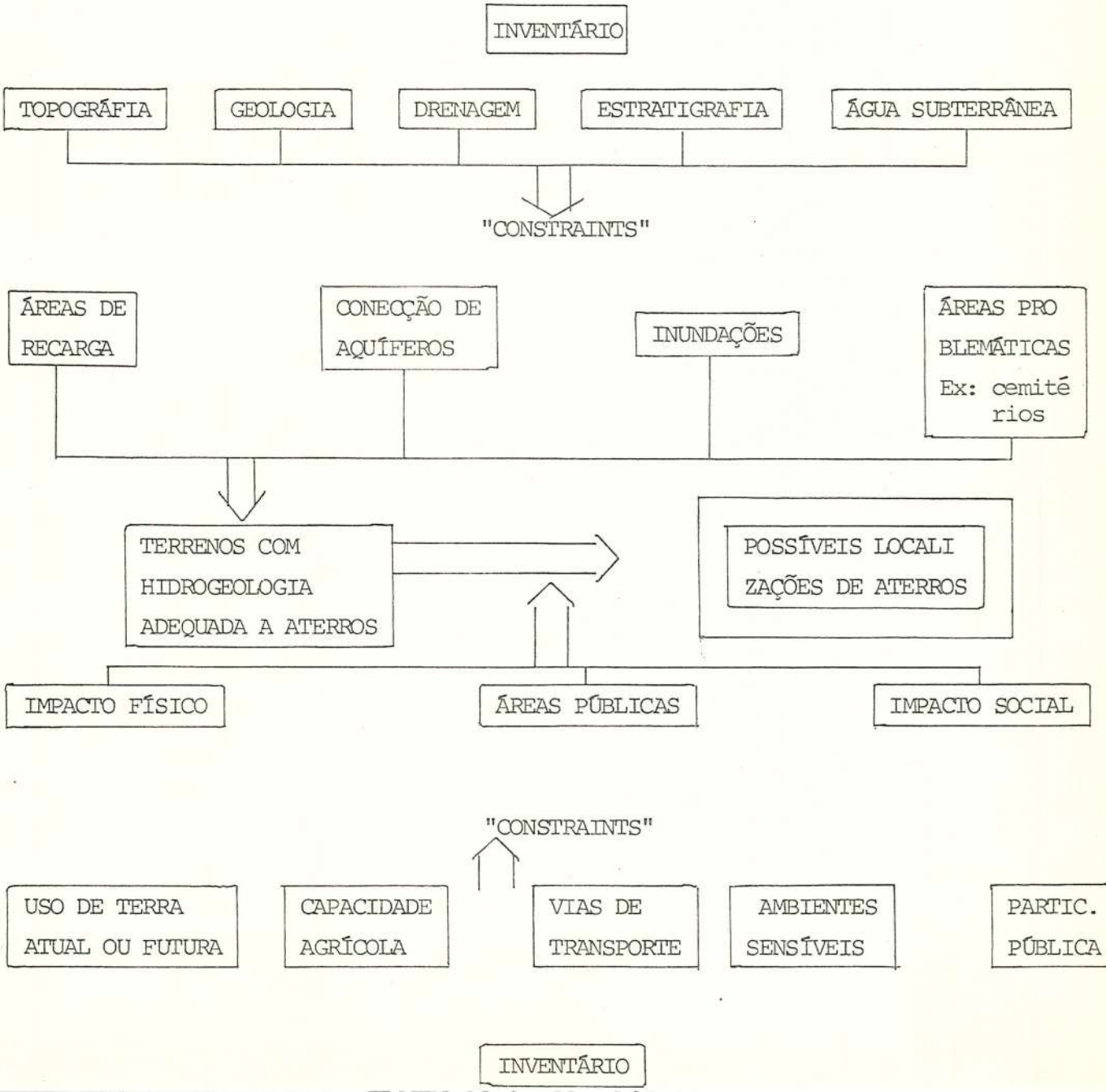
2- "Sistemática Utilizada em Ontário - Canadá"

a- Finalidade especial - aterro sanitário

- Os fatores a serem considerados são:

A topografia, que deve enfatizar as formas da superfície, se possível em três dimensões, a geologia e materiais de cobertura, que devem ser retratados(representados) em separado, o sistema de drenagem, os cortes-estratigráficos e os registros relativos às águas subterrâneas.

Mostra-se a seguir um fluxograma montado pelos técnicos que o desenvolveram:



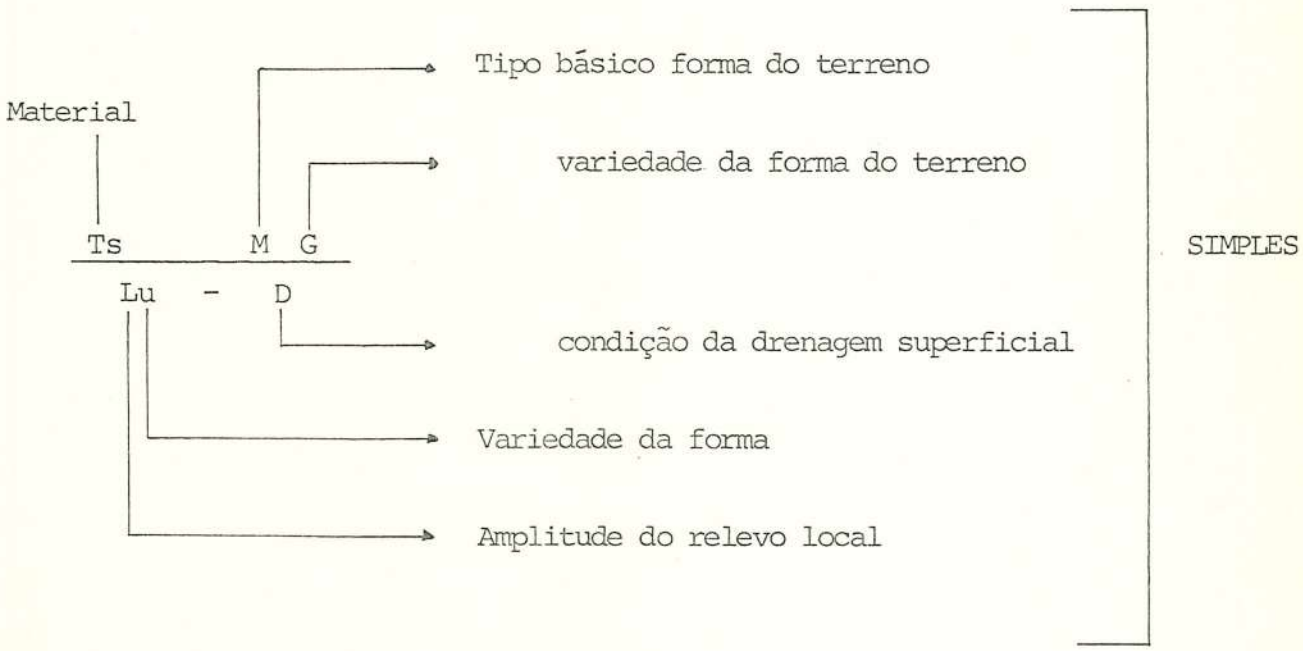
b- Finalidade: multi informação regional (ONTÁRIO)

O sistema baseia-se em um grupo de informações semelhantes às utilizadas por Dearman and Fookes (1974), Varnes (1974), Grant (1974), Matula (1974), Turner and Coffman (1973).

Os fatores básicos considerados na realização do trabalho são:

- Forma do terreno - compreendendo origem e variações
- Tipos de materiais
- Topografia
- Drenagem

Os símbolos que representam as características de cada unidade podem ser apresentados de uma maneira simples ou complexa, como a seguir:



COMPLEXO

CASO I

Ts MH (RN)
Ln (Hj) - D

Forma do terreno dominante

Forma do terreno subordinado

Condição
Drenagem superficial

Relevo da forma
Terreno subordinado

Variedade de forma
Dominante

COMPLEXO

CASO II

Material dominante e forma de terreno (2 camadas)

Material subordinado e forma do terreno (2 camadas)

POT / Ts MG (Ts MG/R)
Lp (Mr) - W (D)

Drenagem de material subordinado e forma do terreno

Drenagem dominante
Tipo e variedade

Topografia subordinada

Topografia dominante

3- Classificação Geotécnica dos Terrenos para Planejamento Físico (SUÍÇA)

A proposta está baseada principalmente no sistema P.U.C.E. (Australiano) e secundariamente em alguns sistemas americanos.

Os fatores relevantes no sistema de classificação são:

- Processos de formação geológica e ambiente geológico
- Variações eustáticas e isostáticas
- Topografia
- Formas do terreno
- Drenagem e hidrologia
- Vegetação
- Uso atual da terra
- Dados geotécnicos existentes

"O princípio básico de que terrenos desenvolvidos por um mesmo grupo de eventos e sob condições climáticas similares, podem apresentar propriedades geotécnicas e comportamento semelhantes, foi a regra básica desta sistemática".

As classes dos terrenos são muito semelhantes às do sistema P.U.C.E., podendo porém ter o mesmo significado ou relação com a escala (região, modelo, unidade e componente).

Os suíços consideram muito os benefícios trazidos pelo sistema de classificação geotécnica dos terrenos, principalmente quando se visa uso em planejamento, porque permite:

- Sistematização de grandes quantidades de dados geotécnicos oriundos das investigações existentes.

- Proposição de novas pesquisas sobre as variações das propriedades geotécnicas, assim como suas dependências em relação à geologia, topografia, hidrologia, etc.

- Obtenção da condição geotécnica verdadeira, de maneira ampla, para grandes áreas.

- Construção hierárquica de um sistema que propicia a transferência de informações entre os diferentes níveis (divisões).

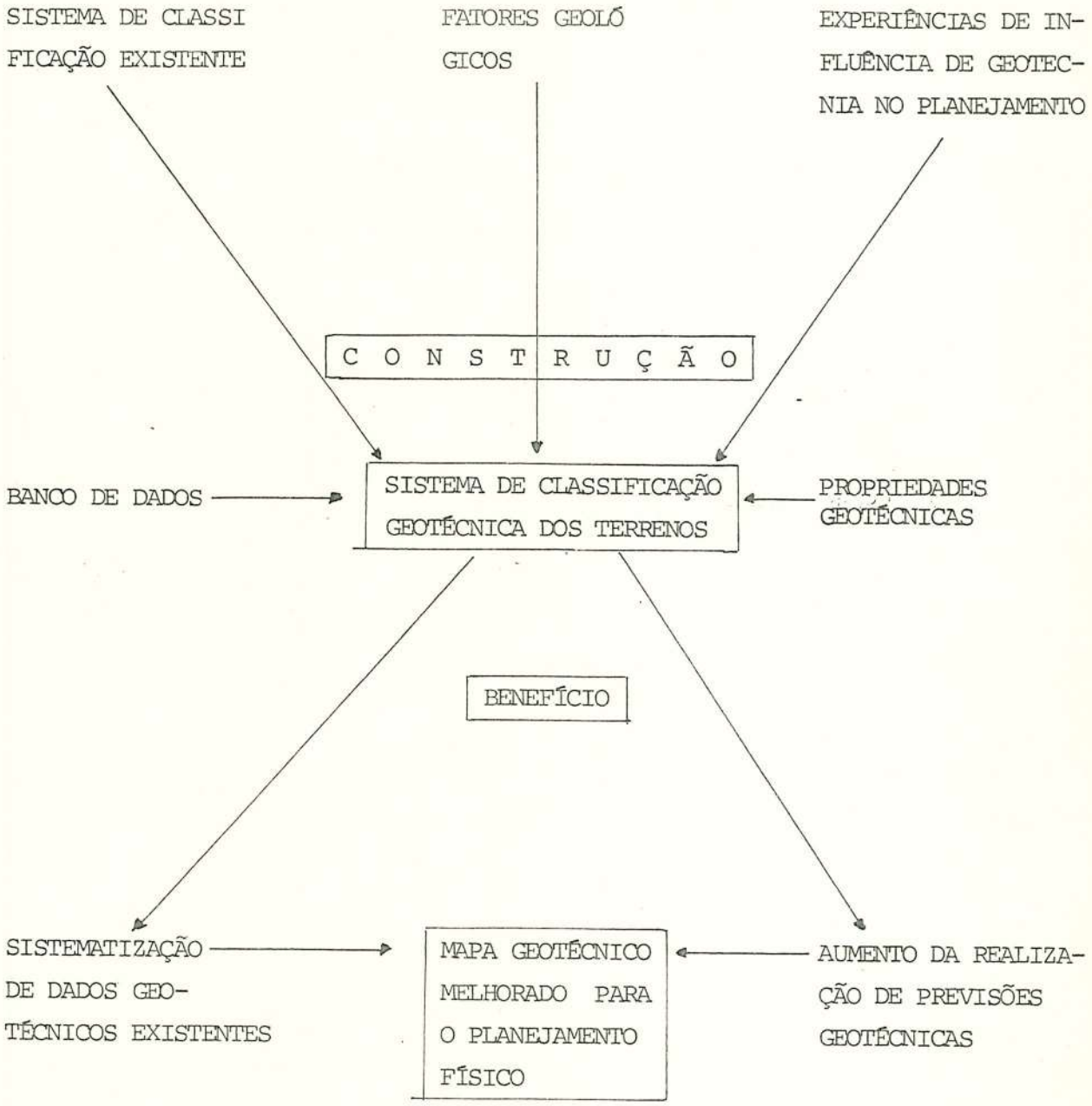
- Descrição do meio físico de maneira fácil, possibilitando que as condições geológicas e geotécnicas, sejam adequadamente consideradas no planejamento físico pelos usuários.

- Manutenção da apresentação independente do profissional que executou o mapa, se o sistema for padronizado para fornecer os dados.

PRINCÍPIO DA DIVISÃO DOS TERRENOS EM CLASSES

As classes geotécnicas do terreno são diferenciadas por uma série de condições hidrológicas, topográficas, geológicas e geotécnicas, tais como: espessura, resistência ao cisalhamento, taludes e outros.

O número de condições varia com o nível de detalhe requerido, e o número de classes para cada atributo depende do detalhe requerido, resultando em menos classes para trabalhos mais gerais.


SISTEMA DE CLASSI FICAÇÃO EXISTENTE
FATORES GEOLÓ GICOS
EXPERIÊNCIAS DE IN- FLUÊNCIA DE GEOTEC- NIA NO PLANEJAMENTO
C O N S T R U Ç Ã O
BANCO DE DADOS
SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA DOS TERRENOS
PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS
BENEFÍCIO
SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS GEO- TÉCNICOS EXISTENTES
MAPA GEOTÉCNICO MELHORADO PARA O PLANEJAMENTO FÍSICO
AUMENTO DA REALIZA- ÇÃO DE PREVISÕES GEOTÉCNICAS

II. 1.5. MAPAS DE SOLOS PARA FINS DE ENGENHARIA

(New Jersey - U.S.A.)

A- APLICAÇÕES

- No planejamento inicial e reconhecimento para a locação e Recolocação de alinhamentos de estrada.
- No planejamento dos trabalhos em solos para projetos específicos.
- Na localização de materiais de construção.
- Nas investigações de superfície para fundações.
- Nos projetos de estradas.
- No planejamento preliminar de aeroportos.
- Como mapa de inventário de materiais e registro.
- No planejamento de comunidades.
- Como mapa base ideal para estudos de viabilidade de pavimentos.

B- METODOLOGIA

- Para elaboração do mapa, são recomendados os seguintes passos:
  - Revisão e estudo detalhado das condições geológicas e agronômicas.
  - Interpretação preliminar das fotos aéreas, tentando definir subdivisões e designar locais para amostragens.

- Inspeção de toda a área, com particularidades nos locais com condições de amostragem.

- Coleta de amostras para ensaios.

- Execução dos ensaios.

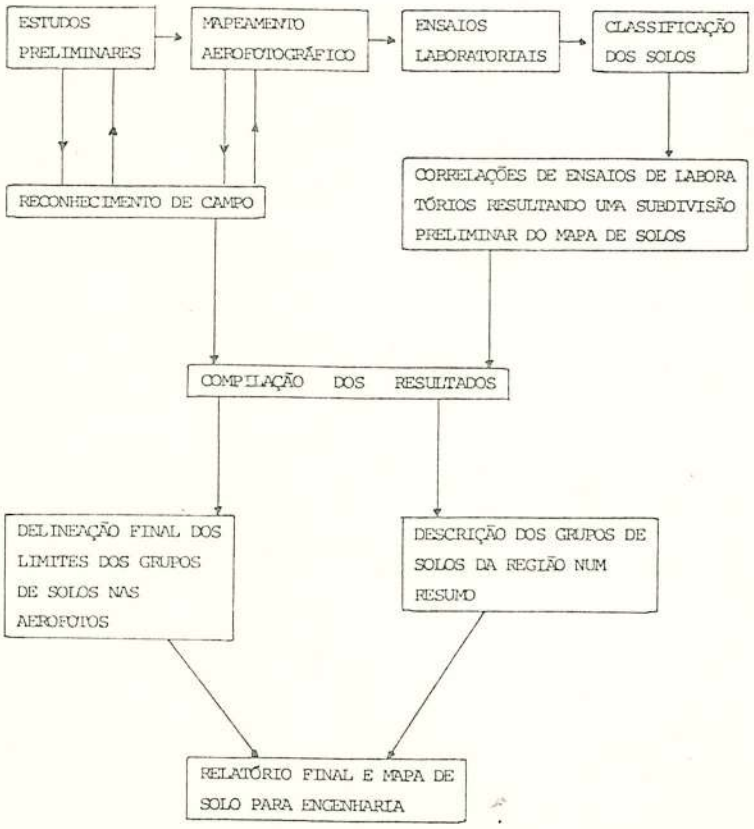
- Correlação dos dados obtidos em ensaios de laboratório, com os dados da revisão bibliográfica, das observações de campo e com a subdivisão preliminar.

- Delinear os limites dos grupos e solos, de acordo com a definição final da unidade mapeável.

- Transferir as delineações das fotos aéreas para o mapa base.

- Relatório que acompanha o mapa de solos para engenharia, contendo as principais características de cada unidade.

DIAGRAMA



II- 1.6 MAPAS GEOTÉCNICOS NA GRÃ-BRETANHA

1- CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As cartas e mapas, na sua grande maioria, foram e continuam sendo elaboradas com a finalidade de serem utilizadas como fontes primárias de dados de interesse para a engenharia civil.

Na atualidade (décadas de 70 e 80), a elaboração deste tipo de documentos enfrenta dois problemas principais:

1- Formação de profissionais e técnicos para produzir e interpretar os mapas e as plantas geotécnicas.

2- A necessidade de desenvolver uma sistemática para avaliar as situações que requerem as informações neles contidas e o seu valor na avaliação e no projeto de uma obra.

A metodologia Britânica diferencia os termos **Mapa** e **Planta**, sendo que o primeiro é usado para escalas pequenas (menores que 1:10 000) e o segundo para finalidades mais específicas. (escalas maiores que 1:10 000).

A metodologia também usa os termos "Geotechnical" e"engineering geological", diferentemente, sendo que as "Geotechnical Plans" são obtidas por métodos semelhantes aos que são utilizados na elaboração das "engeneering geological plans", mas retratam através de parâmetros ou da combinação deles, os comportamentos das unidades geotécnicas, e os métodos construtivos para cada unidade, enquanto as "engineering geological plans" são mapas geológicos com informações geotécnicas adicionais em termos descritivos e de classificações dos solos, entre outras.

2- CLASSIFICAÇÃO

As divisões e classificação dos mapas segundo a escala, a finalidade e o conteúdo, podem ser observados na tabela 19.

Na Grã-Bretanha, um passo importante antes da transformação de mapas geológicos em mapas "engineering geological", é a realização de mapas geológicos para uso em engenharia.

A ANON (1972), recomendou normas sobre formato, conteúdo, símbolos, etc, para estes que apresentam, em termos de classificação descritiva, dos solos, rochas e o meio físico, sendo recomendados para áreas em desenvolvimento e novos projetos, ressaltando-se que a adição de novos dados voltados à engenharia, deve ser feita sempre que possível.

MAPAS GEOLÓGICOS PARA ENGENHARIA
(ENGINEERING GEOLOGICAL MAPS)

Não existem muitos destes mapas na Grã-Bretanha, porém os existentes tem como finalidade auxiliar no planejamento e no reconhecimento de áreas virgens, sempre condicionados aos requisitos tempo x custo x informações adicionais.

As informações adicionais são obtidas de maneira muito generalizada, como o comportamento de um grupo de rochas e solos em termos de estabilidade de taludes, características de escavação, tipos de materiais, dados sobre águas superficiais e subterrâneas, porfundidade do substrato e outros, servindo como exemplo os mapas de Belfast e Milton Keynes.

PLANTAS GEOLÓGICAS PARA ENGENHARIA
(ENGINEERING GEOLOGICAL PLANS)

Estas plantas predominam em termos das obras civis e são realizadas para 3 níveis:

TABELA 19: CLASSIFICAÇÃO DOS DOCUMENTOS

TIPO	INFORM. / MOSTRADA	ESCALA	PREPARADO POR	MÉTODO	USO EM ENGENH.
MAPA ENG. GEOLÓGICA	Mapeamento em termos de geologia geral, mais inform. de eng. e inf.	1:10 000 ou menores	Geotécnicos Geólogos etc	Fotointerpretação e Trabalho de Campo	-Planejamento -Reconh. Preliminar -Inform. Gerais
PLANTAS GEOL. - ENG. 1- RECONHECIMENTO	-Descrição de Solos ou rochas -Processos Geomorfológico e Geomecâncios Engenharia	1: 500 a 1:10 000	Especialista para o nível	Fotointerpretação e Trabalhos "In Situ"	-Planejamento detalhado e reconhecimento
2- INVEST. "IN SITU"	-Como acima	1: 100 a 1: 500	Idem	Como acima, mais instrumentação	-Investigações locais
3- CONSTRUÇÃO	-Como acima	1: 100 a 1:1 250	Idem	Fotogrametria, trabalho loca e Instrum.	-Investigação e relações durante a construção
PLANTAS GEOTÉCNICAS 1- RECONHECIMENTO	- Mapeamento em termos de seleção de parâmetros para engenharia com limites geológicos ou de engenharia	"	Idem	"	"
2- INVEST. "IN SITU"	"	"	"	"	"

- Reconhecimento
- Investigação local
- Estágio construtivo

São realizadas tendo como base uma planta topográfica adequada, complementadas com informações obtidas no campo , relativas à geomorfologia, à geologia e os solos, bem como características das rochas e dos solos entre outras.

Para cada nível de trabalho, existe um campo adequado de informações, que deve ser suprido pelas plantas.

PLANTAS GEOTÉCNICAS
(GEOTECHNICAL PLANS)

Como dito inicialmente, estes documentos retratam um parâmetro ou uma combinação de parâmetros, voltada para as condições construtivas de uma região, sendo também realizadas para os níveis de reconhecimento, investigação local e, estágio de construção.

Estas plantas são publicadas em menor número que as geológicas para engenharia, principalmente devido às incertezas quanto à exatidão dos parâmetros envolvidos; mas em certas situações apresentam dados que contribuem grandemente para o fim em questão.

3- TÉCNICA DE EXECUÇÃO

Seja a nível de plantas ou de mapas, os seguintes pontos são os que mais preocupações apresentam:

1- Que tipo de informação deve ser representada

2- Como coletar e interpretar as informações

3- Como representá-las no mapa

Dearman e Fookes (1974) consideraram as seguintes tendências do emprego da sistemática:

- Há um grande e significativo crescimento do tipo de mapeamento geomorfológico no estágio de reconhecimento; a velociade de evolução desta técnica é grande e a rapidez na realização do trabalho é fundamental.

- Há um crescente uso do mapeamento nas investigações locais, dentro da prática comum.

- Também é significativo o uso da planta geotécnica; como mapeamento para investigações específicas e projetos.

- Existe um incremento no uso dos mapas geológicos para engenharia e das plantas, especialmente para áreas urbanas, servindo aos planejadores e a outros profissionais ligados ao desenvolvimento urbano.

4- COMENTÁRIOS

A metodologia para elaboração de mapas e plantas geológicas para engenharia adotada pela Grã-Bretanha foi elaborada por um grupo de profissionais, a partir de 1968, e publicada em 1972.

Trata-se de metodologia bastante completa e serviu de base a muitas outras metodologias de vários países, principalmente para a padronizada pela I.A.E.G. em 1976, que adotou a simbologia e as classificações dos parâmetros e propriedades praticamente sem modificações.

A metodologia foi preparada para ser aplicada normalmente em escalas de detalhe, (maiores que 1:15 000), o que não acontece na maioria dos países que necessitam de uma metodologia a ser adotada. Devido ao conhecimento que há do meio físico na

Grã-Bretanha, ela exige, além da escala em detalhe, uma densidade muito grande de informação.

Apesar do detalhe requerido, as técnicas de exploração geotécnica utilizadas, são compatíveis, em grande parte,com as adotadas em áreas onde o conhecimento do meio físico é ainda muito pequeno e portanto servindo como base por outras met odologia .

A metodologia em questão é muito abrangente, atingindo quase todos os pormenores relacionados com a elaboração dos mapas e plantas geotecnicas, sendo também muito completa no uso das cores, na descrição, na análise e nas técnicas de exploração, como no caso da geofísica.

Maiores informações podem ser conseguidas nas seguintes bibliografias:

1- ANNOM (1972)
"The preparation of maps and plans in terms of engineering geology".
Q.Jl. Engng. Geology.
Vol. 5, pp. 293-381, Grã Bretanha.

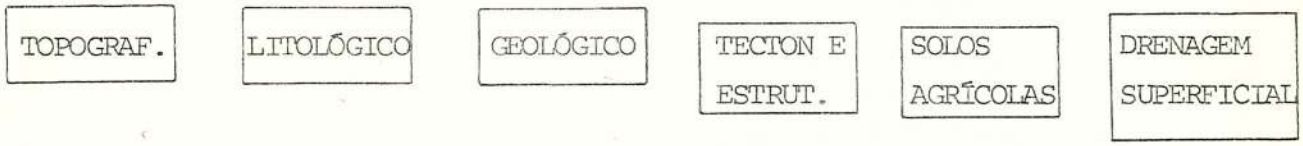
2- "Engineering Geological Mapping for civil engineering practice in the United King dom.
Q.Jl. Engng Geology.
Vol. 7, 1974, pp. 223-256, Grã Bretanha

II. 1.7. METODOLOGIA PROPOSTA POR MATHEWSON E FONT

As análises para avaliar a adequabilidade dos terrenos devem refletir á maneira mais segura e econômica para executar a ocupação, e os dados devem estar apresentados em termos das limitações do meio físico devendo ser entendidas em termos de valores sócio econômicos pelo planejador.

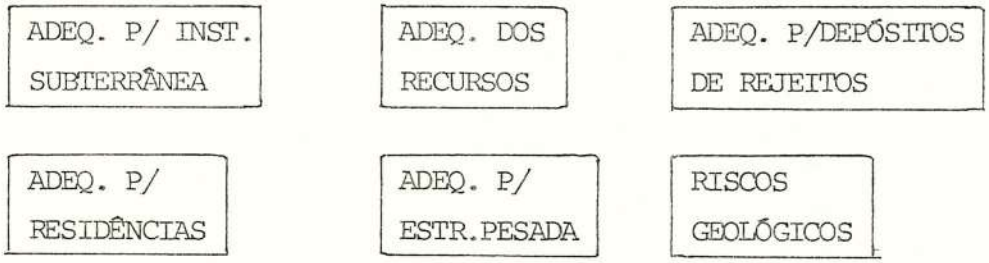
Segundo os autores, a melhor maneira das informações serem retratadas e analisadas é através do seguinte diagrama:

MAPAS 1a ORDEM (OBSERVAÇÃO)



MAPAS 2a ORDEM (ENGENHARIA)

MAPAS 3a ORDEM



MAPA 4a ORDEM (PLANEJAMENTO)

GEOL. DE ENGENHARIA
MAPA DO USO DO SOLO
RECOMEND.

Os mapas de 1a ORDEM são obtidos através dos estudos gerais, devendo ser analisados frente às prováveis influências que os mesmos podem exercer sobre uma determinada região. Os mapas de 2a ORDEM são confeccionados para fornecer dados para obras e refletem as características dos materiais, havendo uma série de mapas que podem ser realizados. As análises devem ser feitas baseando-se nas possíveis influências que os resultados terão sobre as diversas situações do meio físico. Dos dois primeiros grupos de mapas, surge o 3º grupo que são os interpretativos e tratam da adequabilidade dos terrenos para os mais diversos usos, assim como as restrições de cada área. Os mapas de 3a ORDEM são muito usados pelos planejadores ou pelo público em geral (usuários), fornecendo dados de uso direto. Os mapas de 4a ORDEM refletem todo o estudo feito até então, delimitando áreas mais favoráveis a cada forma de ocupação.

Esta proposta apresenta diversas vantagens em relação a outras, devido ao seu sistema de ordenação das informações que permite a apresentação dos dados em poucos mapas. Os mapas de 1a e 2a ORDEM não são usados por pessoas que não sejam especialistas, devido os dados não serem de uso direto em obras ou na ocupação dos terrenos, porém especialistas usam estes mapas com grandes vantagens, pois cada um poderá selecionar suas áreas prioritárias, admitindo suas situações limitantes.

II. 1.8. CARTOGRAFIA ZERMOS

- Zonas Expostas aos Riscos de Movimentação do Solo e do Subsolo

1- HISTÓRICO

É uma sistemática adotada pela B.R.G.M. e "D.S.M.I.", normalmente executada pelo serviço geológico nacional e sob a responsabilidade do "Laboratório do P. et Chaussées", na França.

Não possui força jurídica nem é regulamentadora, sendo porém de alto valor técnico em termos de consultas de usuários para fins de planejamento.

Normalmente, é empregada em áreas com acentuadas variações nas inclinações das encostas, ou seja, zonas com maiores possibilidades de movimentos de materiais e na maioria das vezes analisa somente uma categoria de risco natural, não tratando na França de áreas inundáveis e de avalanches, e abordando notadamente as seguintes situações:

- Escorregamentos de terras e desabamentos;
- abatimentos de terrenos devido a obras antigas ou a situações naturais;
- abatimentos superficiais;
- situações sísmicas;
- erupções vulcânicas, e
- marés destruidoras

São geralmente empregadas para os fenômenos ligados a erosão.

As diretrizes iniciais desta sistemática foram dadas por Chazan (1937), mais detalhes foram acrescidos por Humbert (1975, 1976 e 1977) e Antoine (1977), além das diversas aplicações.

2- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os mapas fornece, através de zonas coloridas, as probabilidades de que numa dada região existam certos movimentos de terra ou instabilidades. Estas cartas devem traduzir a análise, em um dado momento, dos movimentos dos terrenos ou dos fatores de instabilidade revelados pelos dados obtidos na área estudada. A representação deve ir além da simples análise e fornecer um zoneamento que gradua o risco, excluindo, porém, previsões no tempo. A hierarquia espacial ou a graduação da natureza ou do nível de instabilidade, é baseada essencialmente na análise de um certo número de fatores temporais ou permanentes que afetam a estabilidade dos terrenos.

Este tipo de carta, em primeira mão, visa a proteção e segurança da coletividade, devendo também proteger o meio físico e as paisagens.

3- NOÇÕES SOBRE RISCOS NATURAIS

1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

O termo **risco natural** pode ser entendido de diversas maneiras. Sob um ponto de vista puramente teórico, o risco pode ser considerado como a probabilidade para que um acidente ocorra e que consequências sócio-econômicas também podem ocorrer (Thomas, 1973).

Numa visão mais geral, o risco é correntemente definido como um perigo, um inconveniente possível, implicando na aparição eventual de um acidente ligado a uma força maior. Esta definição subentende, evidentemente, que o risco só pode ser caracterizado em função do homem, quando pairarem, ameaças sobre sua pessoa ou seus bens. Como se pode observar, são manifestações que se revestem de um caráter aleatório.

RECOMENDAÇÕES BÁSICAS	TIPOS DE DOCUMENTOS	MEIO FÍSICO	MEIO BIOLÓGICO	MEIO SÓCIO-ECONÔMICO
- Considerar os atributos básicos - Tabela 14 - A obtenção pode ser segundo um dos métodos citados - Tabela 15 associados aos procedimentos capitulo 7.1 - Os documentos podem ser executados por diferentes mecânismos conforme abordados no tópico 6.2	Fundamentais Básicos	Mapa do substrato rochoso; Mapa dos materiais inconsolidados; Mapa dos landforms; Mapa das Feições do Tecnógeno; Mapa de Documentação Mapa da qualidade das águas; Carta de Declividade; Mapa das Bacias Hidrográficas; Mapa de Geologia estrutural/relevo; Mapa das condições hidrogeológicas; Mapa climático pluviosidade, etc.	Mapa da Fauna Mapa da Flora	Mapa dos equipamentos urbanos existentes(Linhas Vitaes) Mapas das áreas Públicas Mapa de densidade populacional Mapa dos diferentes tipos de ocupação: a-tipos que podem provocar eventos perigosos b-ocupações comuns c-ocupações futuras
- Representar as informações em um único documento (pode ocorrer uma seleção dos atributos) escalas pequenas menores que 1:100.000.		Mapa das Condições Geológico-Geotécnicas M.C.G.G.		
- Considerando as variações espaciais, pode-se realizar: 1- Carta de zoneamento geotécnico geral (C.Z.G.G.) 2- Cartas de zoneamento geotécnico específico (C.Z.G.E.) - Deve se ter como objetivo a delimitação de unidades que apresentem graus de heterogeneidade - Recursos que podem ser utilizados: - Matriz: - Bidimensional; - Tridimensional; - Árvore Lógica; - Sobreposição; - Combinações de recursos - Para a C.Z.G.G. há necessidade de definir uma hierarquia de componentes e atributos e as hierarquias de influência.	Fundamentais Derivados ou Interpretativos	Carta de zoneamento Geotécnico Geral; Cartas de zoneamento Geotécnico Específico Carta p/ Fundações*3; Carta de Potencial a erosão*3; Carta p/ escavabilidade*3; Carta de Potencial Agrícola*3; Carta p/ disposição de rejeitos e Resíduos*3; Carta de potencial para estocagem subterrânea*3 Carta de potencial de movimentos de massa*3; Carta de potencial de escoamento superficial e infiltração*3; Carta p/ Irrigação*3; Carta de Potencial a corrossividade*3; Carta p/ estradas*3; Carta de potencial mineral e de materiais p/ construção civil*3 carta para exploração das águas *3 - Para a elaboração destes documentos é fundamental a definição das faixas de valores p/os diferentes atributos	Mapa de hierarquização das áreas quanto a preservação	Mapa de índices sócio-econômicos
- Devem ser elaborados seguindo os principios do capitulo 7.2 - São cartas (4,5, 6 elaboradas a partir dos documentos das fases anteriores. - Devem ser considerados os tipos de "hazards" e as áreas que podem ser atingidas (5,6). - Para a carta (4) deve-se considerar os documentos referentes aos elementos da ocupação. - O melhor mecânismo para obetenção das cartas (4,5,6) é a superposição controlada (manual ou automatizada)	Analíticos Básicos	Carta das possibilidades de ocorrer eventos perigosos nas unidades*5 Carta (Hazard Área) das áreas sujeitas aos eventos perigosos (tipo x áreas)*6		Vulnerabilidade dos elementos de ocupação frente aos eventos perigosos.*4
- Cartas elaboradas a partir das anteriores	Prognósticos de Riscos	Carta com as áreas que apresentam restrições para ocupação*7; Carta de Vulnerabilidade as águas*1; Carta de Riscos específicos*1	Carta de riscos totais*1 Carta dos níveis de riscos para as diferentes zonas*2	*1 Podem ser elaboradas para os elementos de ocupação atuais e que serão implantados no futuro. É possível elaborar um documento com os 2 grupos de elementos.
- As cartas devem ser elaboradas considerando os níveis de riscos das diferentes zonas.	Prognósticos e Orientação quanto a Ocupação e os riscos	Carta que retrata os procedimentos construtivos e cuidados para implementar a ocupação*2	Carta com os procedimentos de segurança p/cada zona*2	*2 Documentos que devem ser elaborados para escalas maiores que 1:50.000.
- Os documentos devem ser elaborados considerando os aspectos do meio ambiente, fatores sócio-econômicos e antrópicos podem ser elaborados para escalas desde 1:50.000 até 1:2000	Documentos direto para os Usuários	Viabilidade p/aeroportos, reservatórios(barragens) e captação de água; Viabilidade p/ construções residenciais; Viabilidade p/ parques industriais; Viabilidade p/ agropecuária e hortifritigranjeiros; Viabilidade p/ aterros sanitários	Viabilidade para proteção ambiental ou para exploração de recursos naturais	Viabilidade para obras enterradas
- Devem ser elaboradas com base nos documentos das fases anteriores e estudos das necessidades futuras quanto ao vetor considerado (Habitação, Água, etc.)	Cartas e orientações conclusivas	Hierarquização das unidades considerando somente os atributos do meio físico. Priorização e hierarquização das áreas para as diferentes finalidades (específica ou global)		

Tabela 13 - Esquema para elaboração do mapeamento geotécnico e suas relações com outros documentos na avaliação global das potencialidades do meio físico.

ATRIBUTOS DA TABELA 14 / DOCUMENTOS GRÁFICOS	ÁGUAS – SUPERFICIAIS 1	2	3	4	5	6	7	ÁGUAS – SUBTERRÂNEAS 8	9	10	11	12	13	14	GEOMORFOLOGIA (RELEVO) 15	16	17	18	19
CARTA PARA FUNDAÇÕES			X	X							X			X					
CARTA DE POTENCIAL A EROSÃO	X	X	X		X						X				X	X	X	X	X
CARTA PARA ESCAVABILIDADE			X								X					X			
CARTA DE POTENCIAL A OCUPAÇÃO AGRÍCOLA			X				X				X	X			X	X			X
CARTA PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS	X	X	X		X	X				X	X	X		X		X	X	X	X
CARTA PARA ESTOCAGEM SUBTERRÂNEA		X	X	X					X	X				X		X	X		
CARTA DE POTENCIAL DE MOVIMENTOS DE MASSA	X		X													X	X	X	X
CARTA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E INFILTRAÇÃO			X		X	X				X						X	X	X	X
CARTA PARA IRRIGAÇÃO	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X		X		X	X		
CARTA DE POTENCIAL A CORROSIVIDADE		X	X	X							X			X					
CARTA PARA ESTRADAS			X		X	X					X				X	X	X		
CARTA DE POTENCIAL MINERAL E DE MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL			X								X					X			
CARTA DE VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	X	X				X		X	X	X	X	X	X	X		X			

DOCUMENTOS GRÁFICOS	SUBSTRATO ROCHOSO 20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
CARTA PARA FUNDAÇÕES		X	X		X		X		X								
CARTA DE POTENCIAL A EROSÃO	X	X					X	X	X				X	X			
CARTA PARA ESCAVABILIDADE	X	X			X		X		X	X							X
CARTA DE POTENCIAL A OCUPAÇÃO AGRÍCOLA									X				X				
CARTA PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS	X	X					X	X	X				X		X	X	X
CARTA PARA ESTOCAGEM SUBTERRÂNEA		X	X			X	X	X	X	X	X					X	X
CARTA DE POTENCIAL DE MOVIMENTOS DE MASSA		X			X		X	X		X							X
CARTA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E INFILTRAÇÃO		X	X					X	X								
CARTA PARA IRRIGAÇÃO						X			X				X				
CARTA DE POTENCIAL A CORROSIVIDADE		X	X				X	X									
CARTA PARA ESTRADAS		X	X	X		X	X	X	X		X		X				X
CARTA DE POTENCIAL MINERAL E DE MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X					
CARTA DE VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS		X	X				X	X	X							X	

DOCUMENTOS GRÁFICOS	MATERIAIS INCONSOLIDADOS 37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
CARTA PARA FUNDAÇÕES	X	X		X		X	X			X	X	X	X	X					X	X	
CARTA DE POTENCIAL A EROSÃO	X	X		X	X	X	X	X		X	X		X							X	
CARTA PARA ESCAVABILIDADE	X	X		X			X				X		X						X		X
CARTA DE POTENCIAL A OCUPAÇÃO AGRÍCOLA	X	X		X			X		X	X			X		X	X		X			
CARTA PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X
CARTA PARA ESTOCAGEM SUBTERRÂNEA								X					X								
CARTA DE POTENCIAL DE MOVIMENTOS DE MASSA	X	X		X	X		X				X		X								
CARTA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E INFILTRAÇÃO	X	X		X	X	X															
CARTA PARA IRRIGAÇÃO	X	X		X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X			
CARTA DE POTENCIAL A CORROSIVIDADE	X	X		X			X		X	X			X	X		X	X	X			
CARTA PARA ESTRADAS	X			X	X		X				X	X	X						X		X
CARTA DE POTENCIAL MINERAL E DE MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL	X						X						X	X							
CARTA DE VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	X		X	X	X		X						X			X		X			

DOCUMENTOS GRÁFICOS	TECNÓGENO 58	59	60	61	CLIMATICOS 62	63	64	65	66	67	68	CULTURAIS 69	70
CARTA PARA FUNDAÇÕES													
CARTA DE POTENCIAL A EROSÃO			X	X	X						X		X
CARTA PARA ESCAVABILIDADE												X	X
CARTA DE POTENCIAL A OCUPAÇÃO AGRÍCOLA					X	X		X	X		X		
CARTA PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS		X	X		X					X	X	X	X
CARTA PARA ESTOCAGEM SUBTERRÂNEA				X	X					X			X
CARTA DE POTENCIAL DE MOVIMENTOS DE MASSA	X			X	X				X	X	X		
CARTA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E INFILTRAÇÃO	X				X						X		
CARTA PARA IRRIGAÇÃO					X					X	X		
CARTA DE POTENCIAL A CORROSIVIDADE										X	X		
CARTA PARA ESTRADAS	X		X	X									
CARTA DE POTENCIAL MINERAL E DE MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL		X	X										
CARTA DE VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS				X	X						X		X

Tabela 17. Relações entre algumas cartas interpretativas e os atributos que devem ser analisados para sua elaboração.

2- OS PRINCIPAIS COMPONENTES DOS RISCOS NATURAIS

a- Demografia

É um fator variável no tempo e no espaço, em função notadamente da extensão e da natureza dos planejamentos existentes ou futuros. Apesar da sua importância, este fator é difícil de ser usado na cartografia Zermos.

A expansão da ocupação demográfica pode criar situações de instabilidade, quando efetuada sem um controle especial, o qual poderia conduzí-la a situações de melhoria de segurança.

b- Determinação da Natureza do Fenômeno Natural Introdutor do Risco

A identificação correta do fenômeno natural perigoso é fundamental, porque leva a um certo número de fatores diretamente retratados na cartografia, tais como a localização, frequência do retorno, as extensões das zonas submetidas ao risco, os meios eventuais de prevensões, etc.

Por outro lado, análises dos fatores naturais que condicionam cada tipo de risco devem ser realizadas, principalmente quando do estudo em zonas aparentemente desprovidas de riscos.

c- Delimitação da Zona Submetida ao Risco

Deve-se realizar de maneira cuidadosa, para que os limites sejam os mais reais possíveis.

d- Fatores da Graduação do Risco

A estimação do grau de risco pode ser realizada de duas maneiras diferentes:

- Considerando-se um número de fenômenos naturais que favoreçam o aparecimento do risco sobre uma dada superfície, que podem sobrepor seus efeitos, etc...

- Considerando um dado tipo de fenômeno geodinâmico dado e a probabilidade de ocorrência de acidentes de alto risco.

Estas posições ganham nuances especiais em função da demografia, e as noções abaixo permitem graduar os riscos, segundo Bolt, Horn et alii (1975):

- **Risco Relativo**

  É obtido pela comparação mais ou menos rigorosa de uma situação com outra, sem computar de maneira explícita a probabilidade dos acidentes perigosos.

- **Risco Probabilístico**

  O risco de perda é estimado como a probabilidade de acontecer um acidente perigoso num dado intervalo de tempo. Muitos pesquisadores das cartas Zermos refutam a idéia de que elas tem um caráter de previsão, ou de tornar possível a previsão de fenômenos.

4- FORMA E CONTEÚDO DAS CARTAS ZERMOS

São constituídas por uma carta propriamente dita, acompanhada de nota explicativa na forma de livro de bolso ou algo similar.

a- A Carta

A carta não deve reproduzir a geologia da região estudada, mas sim retratar uma interpretação em termos de estabilidade presente ou futura.

Esta situação normalmente é materializada por um zoneamento com 3 cores básicas:

- **verde**, para áreas tranquilas (sem problemas)
- **laranja**, indicando potencialidade, sem precisar o nível, a natureza e a amplitude do risco
- **vermelho**, áreas instáveis, com chances reais de riscos

A prática já mostrou que estas cores são insuficientes e que deve acontecer uma melhor aproximação e adequabilidade.

A cor **negra** é usada para colocar em evidência certos caracteres estáticos ou dinâmicos da instabilidade observada.

A partir do levantamento e análise dos fatores naturais permanentes (litologia, estrutura, drenagem, encosta, histórico dos movimentos e outros) e dos temporais (vegetação, sobre cargas ocasionais, canalizações de águas no talude, etc...), deve-se estimar, em um dado momento, a estabilidade dos terrenos.

A conjugação de um ou mais dos fatores, sejam permanentes ou temporais, aliada à experiência adquirida no conhecimento dos movimentos de terrenos já estudados, com condições físicas semelhantes, permite ao autor propor um zoneamento ou uma graduação da estabilidade na região.

As cartas devem ter como base um fundo topográfico, normalmente em tons claros, e as legendas comportam dados de 2 grupos:

- Zoneamento "Zermos" do terreno

- Características gerais dos terrenos, subdividida em:

  1º Características Dinâmicas
  2º Características Litológicas principais, podendo ser acompanhadas de um perfil transversal contendo dados mais representativos.

Observa-se, portanto, que a carta Zermos é uma síntese, tendo obrigatóriamente uma fase analítica, onde examinam-se os fatores naturais permanentes que afetam a estabilidade:

- Topografia (encosta, relevo particular)
- Geologia (litologia, estrutural, estudo do quaternário)
- Hidrogeomorfologia (circulação das águas subterrâneas, drenagem superficial) e fatores temporais presentes ou passados, tais como climatologia, vegetação e certos efeitos das atividades humanas.

Desta maneira, há no mínimo 3 fases de trabalho:

1a. Levantamento bibliográfico e oral sobre existência ou não de movimentos de terrenos na região estudada, suas frequências e amplitudes.

2a. Estudo geomorfológico, através de foto interpretação.

3a. Estudo e controle, sobre o terreno, dos principais fatores enumerados acima, sendo indispensável lembrar que tudo deve ser mapeável em cartas 1:50 000

As cartas Zermos, após as devidas análises e interpretações, devem apresentar um "zoneamento simples", indicando uma hierarquização no espaço, da natureza e do grau de instabilidade dos terrenos.

b- Notas Explicativas da Carta

Devem conter comentários indispensáveis à boa compreensão e interpretação da carta, com indicações mais gerais sobre:

- Situação geográfica
- Morfologia
- Geologia, com descrição particular
- Tipologia dos movimentos dos terrenos observados
- Definição do zoneamento adotado e suas consequências

4- AS PLANTAS ZERMOS

São cartas realizadas em detalhe, para escalas maiores que 1:50 000, com finalidades de ocupação, bem definidas para determinadas áreas, bem localizadas.

As plantas podem ser realizadas a partir de uma carta ZERMOS pré existente, na escala 1:25 000 ou próxima, ou ainda ser realizada sem a base de uma carta ZERMOS.

A realização das plantas ZERMOS a partir de outra em menor escala, além de ser menos trabalhosa, não apresenta altos custos por unidade de superfície, como no 2º caso. Estas plantas tem basicamente duas finalidades:

1a. **Informativa**, retratando a localização e as explicações dos fenômenos e

2a. **Orientativa**, através das recomendações prescritas para cada caso.

As cartas Zermos normalmente são realizadas nas escalas 1:25 000 ou 1:20 000, e além de ser um documento de informação e orientação, é uma carta de "ALERTA" para possíveis preocupações futuras. Após a realização, poderá servir de base para estudos mais detalhados em grande escala (1:50 000 ou maiores), que então serão denominadas de "Planta Zermos".

a- **Metodologia**

Apesar da escala e às vezes da extensão da área a ser estudada ser pequena, não há condições de se realizar um levantamento sistemático de campo.

A realização deve ser embasada em um levantamento aero fotográfico que, junto de um bom conhecimento geológico regional, fornece condições adequadas para a solução dos problemas e facilita ou diminui o trabalho real de campo.

A carta deve identificar zonas com possibilidades ou não de instabilidades, sendo divididas em:

- Zona de instabilidade declarada;
- zona de instabilidade potencial;
- zona sensível;
- zona estabilizada por cobertura vegetal e
- zona estável

Nas plantas, estas zonas devem ser caracterizadas por traços e símbolos e não com o uso de cores.

As plantas também devem apresentar um perímetro de proteção às áreas com instabilidade declaradas e/ou potenciais.

Duas observações devem ser feitas sobre esta cartografia.

1a. Os valores dos limites são de responsabilidade dos técnicos envolvidos no trabalho.
O profissional, ao determinar certos limites, deve ter noção sobre o nível dos dados, como também da validade dos mesmos e sua densidade estatística, evitando que áreas sejam classificadas em classes às quais não pertençam. Os usuários devem ter conhecimento das limitações do documento para sua utilização, assim como todo o cuidado para não fazer uso inadequado das cartas.

2a. Processos de integração dos dados cartografados nas plantas.
As plantas deste tipo tem a função de proteger as "zonas naturais", em razão dos possíveis riscos que podem atuar sobre elas, ou onde o uso dos terrenos tornar impossível a proteção de áreas de florestas e o controle do desenvolvimento das regiões de urbanização. Devido a estas variações, os dados devem ser bem analisados e interpretados.

b- **Folheto Técnico**

Este documento deve ser redigido de maneira simples, porém conservando seu valor técnico informativo. Deve descrever as zonas sensíveis e os diversos fatores do meio físico que podem interferir, como também as características das zonas de forte instabilidade. Além des-

tes dados, deve apresentar com minúcias:

- O plano geográfico, com as condições da região em estudo na situação geral.

- O plano geológico, analisado sob a ótica da geologia aplicada, dando informações sobre os problemas de suporte, de estabilidade, das drenagens, de aterros ligados à natureza litológica;

- a explicação do mecanismo de escorregamento e a descrição das formas de movimento;

- a descrição da carta ZERMOS sobre o zoneamento e eventuais particularidades;

- as recomendações dadas para cada zona, sobre os problemas gerais dos aterros, drenagens, fundações e agropecuária.

6- PRINCIPAIS APLICAÇÕES JÁ EXECUTADAS

Pode-se citar, na França, a aplicação feita nas seguintes regiões:

1- Grave
2- Saint-Martin de Belleville e Aime la Plagne
3- Barcelonuette e Houte Ubaye
4- Trouville e Aus-sur-Mosèlle

7- RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

- As cartas ZERMOS, não devem ser analíticas e sim sintéticas.

- é essencial, para cada país, zona e região, normalizar o grafismo e a representação das cartas ZERMOS e que o usuário não tenha uma má impressão inicial ao analisá-las e consultá-las. Tudo, inclusive as figuras necessárias, deve ser normalisado para que exista uma linguagem comum, classificações comuns e adequadas, e que os termos sejam correntes.

- Deve-se melhorar e adequar os símbolos e cores utilizadas

Da definição inicialmente dada, pode-se evidenciar três condições básicas, para que não exista equívoco sobre a forma e o conteúdo das cartas:

1- A noção de risco é essencialmente de natureza estimativa, num espaço, da probabilidade para que efeitos de instabilidade constatada ou potencial apareçam.

2- O traçado dos limites prováveis de uma zona vulnerável ou sensível a tais movimentos, deve excluir toda a probabilidade no tempo e,

3- Mesmo com a hierarquização ou com a graduação no espaço, dos riscos que podem produzir movimentos, não é possível se estimar a área provável de ocorrência.

PRINCÍPIOS E MODOS DE REALIZAÇÃO

A realização envolve 2 fases:

PRIMEIRA

Corresponde à análise das informações selecionadas em função de suas consequências sobre a estabilidade dos terrenos, comportando o exame dos fatores naturais permanentes que afetam a estabilidade: topografia (inclinação e relevo), geologia, geomorfologia dinâmica e hidrogeomorfologia. Permite também analisar fatores

temporais presentes ou passado: climatologia, vegetação e atividades humanas.

SEGUNDA

Corresponde uma síntese ou uma extrapolação. São analisados certos fatores naturais permanentes (litologia, estrutura, drenagem, inclinação, história dos movimentos do solo, propriedades físicas e mecânicas) e outros temporais. A conjugação de um ou mais fatores, sejam permanentes ou temporais, aliados à experiência do profissional, permite a proposição de um zoneamento ou de uma gradação de estabilidade.

Normalmente, utilizam a ficha de estudo de movimento de terrenos, tabela 20.

I IDENTIFICAÇÃO COM CROQUI ESQUEMÁTICO DA REGIÃO OU LOCAL EM QUESTÃO (Situação geográfica, acesso, outros)

II TOPOGRAFIA

1- Topografia Geral (inclinações, orientação)
2- Morfologia (forma e evolução das vertentes)
3- Vegetação Natural (floresta, etc)
4- Ocupação Humana (habitações, cultivos)
5- Particularidades Climáticas

III MATERIAIS INCONSOLIDADOS

1- Natureza e Idade
2- Extensão e Espessura de Cada Tipo

IV SUBSTRATO ROCHOSO

1- Litologia e Estratigrafia
2- Estruturas
3- Folhas, Fraturas, Foliações, Xistosidade e Outras
4- Alteração Geral
5- Detalhes Geológicos

Tab. 19

V HIDROGEOLOGIA

1- Águas Superficiais, Variações e Uso

2- Águas Subterrâneas (fontes, qualidade e outras características)

3- Erosão Ligada às Águas (ravinamento, dissoluções)

VI MOVIMENTO DOS TERRENOS

1- Aspéctos Gerais (estágio, estabilidade, outros)

2- Características (comprimento, largura, altura, inclinação, forma, etc...)

3- Estado do Terreno Movimentado

4- Natureza das Superfícies Já Existentes (estrias, veios de de água, etc...)

5- Outras Características

VII RELAÇÕES COM A GEOLOGIA E A HIDROGEOLOGIA

1- A superfícies de rupturas estão associadas a alguma des - continuidade

2- Descrição da descontinuidade

3- Há relações entre hidrogeologia, ravinamento e erosão

VIII HISTÓRICO DO MOVIMENTO E A SUA EVOLUÇÃO NO TEMPO

1- Período de visualização do movimento

2- Há relações com atividades humanas

3- Informações dos habitantes da região

4- Descrição da evolução do movimento

IX INTERPRETAÇÃO E PROGNÓSTICO

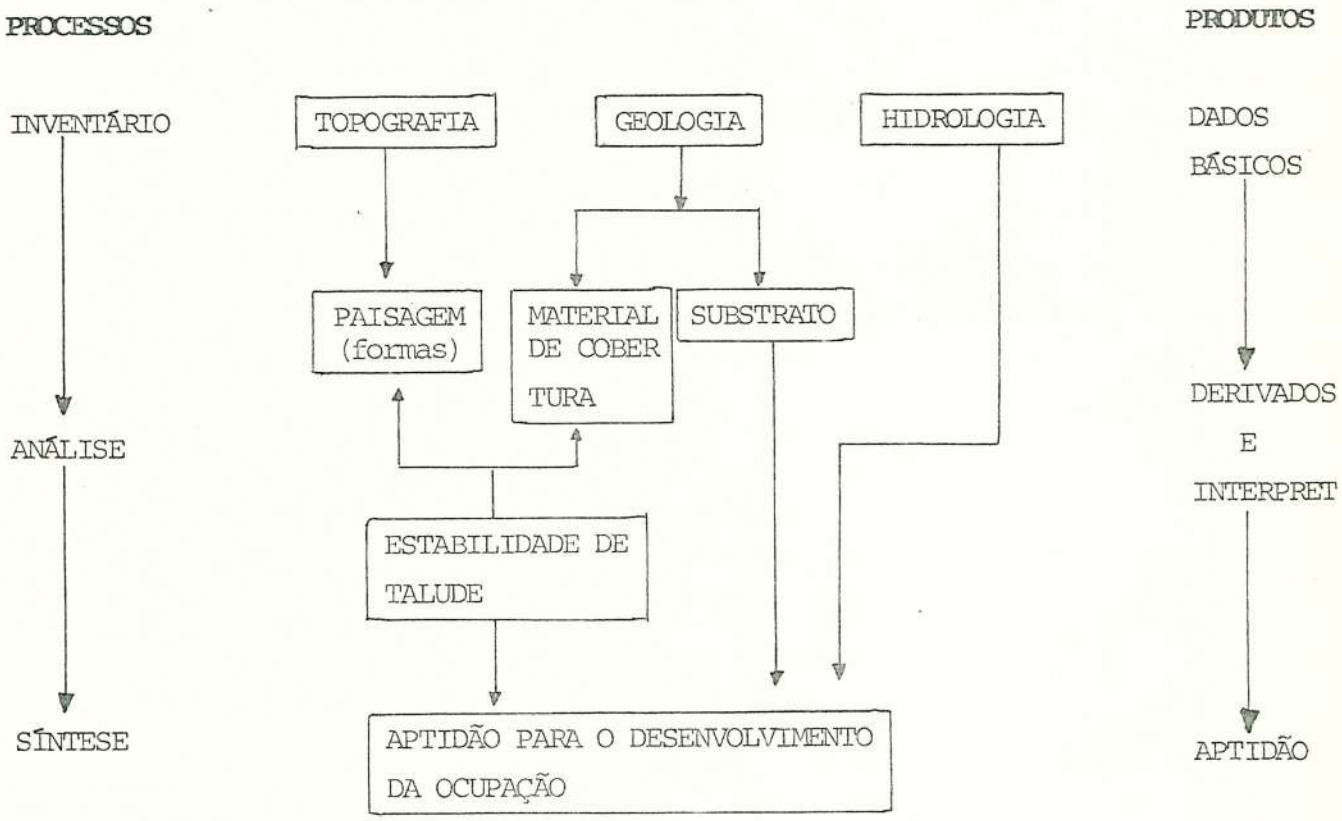
TABELA 20: FICHA DE ESTUDO PARA REGIÕES COM MOVIMENTOS DE MASSA, UTILIZADA PELA METODOLOGIA ZERMOS - B.R.G.M.

Tab. 19

II. 1.9. SISTEMÁTICA APLICADA NA REGIÃO DE FRANCONIA/VIRGINIA (FROELICH et alii)

1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

A sistemática de utilização de mapas que apresentam os componentes do meio físico, afim de controlar, orientar e dirigir sua ocupação pode ser melhor entendida através do fluxograma.



2- FATORES CONSIDERADOS

2.1. MAPA TOPOGRÁFICO

O mapa topográfico fornece um grande número de informações, desde as vias de acesso até os aspectos fisiográficos, mas para o caso, a obtenção da carta de formas através dos dados contidos é o resultado mais importante em todo o processo.

2.2. MAPA GEOLÓGICO

As informações obtidas e representadas nos mapas geológicos compreendem dois grupos distintos:

1- **Materiais Inconsolidados**

Deve representar os materiais originados da meteorização das rochas, "IN SITU" ou transportados.

2- **Materiais do Substrato**

Deve delimitar os materiais do substrato que estão em contato com os materiais inconsolidados, podendo ainda fazer parte deste documento, os materiais saprolíticos ou considerados como componentes do horizonte "C".

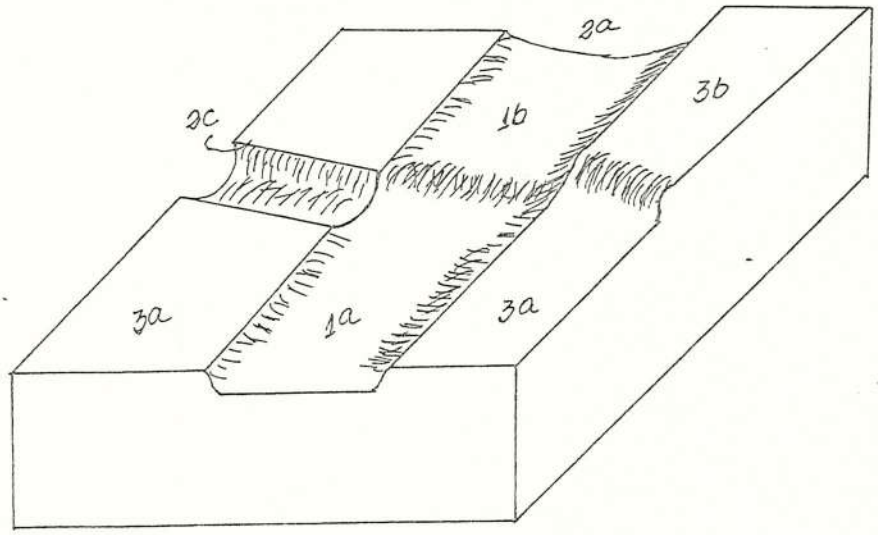
2.3. MAPA HIDROLÓGICO

Este mapa deve representar as condições das águas superficiais na área em questão e que influenciam no planejamento do uso das terras, e entre outros fatores, as áreas inundáveis com ou sem hidromorfismo, a rede de drenagem, o tempo de concentração das respectivas bacias, e descargas, a evapotranspiração e a insolação.

3- MAPA DE ESTABILIDADE DE TALUDE

Este mapa é obtido da derivação e interpretação do mapa de formas e do de material de cobertura, buscando delimitar as condições de possíveis áreas de instabilidades. São definidas quatro classes de "situações", que são de alta, moderadamente alta, moderadamente baixa e de baixa possibilidade, de ocorrência de algum tipo de movimento.

Do mapa topográfico, é possível definir as seguintes classes:



UNIDADE DE FORMA	TALUDE	DESCRIÇÃO
Terras Baixas		
1a	< 3%	Regiões próximas aos grandes leitos de água, com aluviões e sujeitos a inundações periódicas e de intensidades variadas.
2a	< 8%	Regiões ligeiramente inclinadas, com aluviões e sujeitos a inundações em grandes cheias.
Vertentes dos Vales		
2c	8 a 15%	Regiões modestamente inclinadas, transições entre fundo de vales e terras altas.
2d	15% a mais	Regiões bem inclinadas c/ taludes entre 15 e 30%, podendo chegar a 40%.
Terras Altas		
3a	< 3%	Regiões próximas ao nível das terras altas, dissecadas por vales de fundo plano.
3b	3 a 8%	Terrenos altos, dissecados por correntes que tem vales profundos e de largura variável, com relevo ondulante.
3c	8 a 15%	Terras onduladas a colinosas com taludes localmente ingrenes.

O mapa combina os tipos de materiais de cobertura com os intervalos de declividade, como se observa no exemplo:

CLASSE DE ESTABILIDADE DOS TALUDES	UNIDADES DOS MATERIAIS SUPERFICIAIS	UNIDADES DAS FORMAS
BAIXA	argila	> 15% (2a)
MODERADAMENTE BAIXA	argila areia	8 a 15% 2c 15% 2d 8 a 15% 3c
MODERADAMENTE ALTA		
ALTA		

4- MAPA DE APTIDÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA OCUPAÇÃO

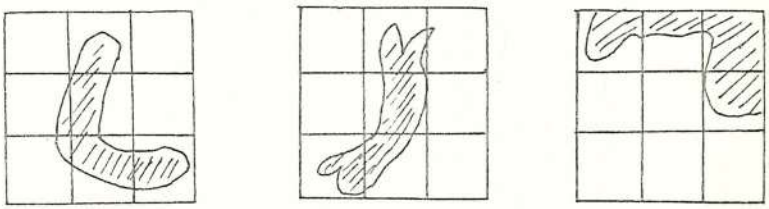
Este documento é obtido da análise dos componentes do meio físico, considerando as classes de cada um deles.

A cada classe deverá ser dado um peso e, no final, resultará um mapa com a soma dos pontos para cada "cela", que irá condicionar a ocupação, em função de uma classificação existente.

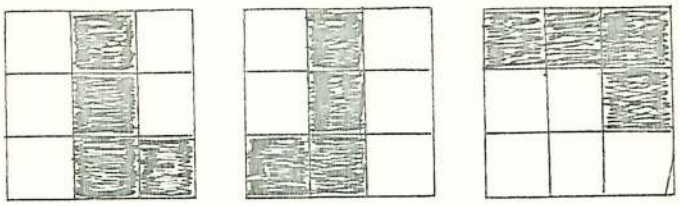
A seguir, é apresentado um fluxograma básico da operação, que pode ser manual ou computadorizada. Trata-se de processo também utilizado por Van Driel (1979) e outros.

COMPONENTES LIMITANTES

MAPA BÁSICO



MAPA DIGITALIZADO



PESOS

0	1	0
0	1	0
0	1	1

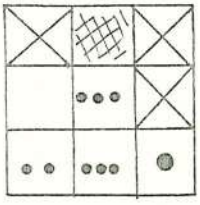
0	2	0
0	2	0
2	2	0

4	4	4
0	0	4
0	0	0

PESO FINAL

4	7	4
0	3	4
2	3	1

MAPA APTIDÃO



- ▢ Sem componente limitante
- ● componente limitante 01
- ●● componente limitante 02
- ●●● componente limitante 02 e 01
- X componente limitante 03
- ▨ componente limitante (todos)

II- 1.10 METODOLOGIA APLICADA NA U.R.S.S.

1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os mapas geotécnicos são considerados os melhores documentos básicos para a investigação geotécnica de uma região, apre - sentam os fatores geotécnicos determinantes na sua ocupação são realizados em diversas escalas, para fins variados, predominando basicamente três tipos de mapas: geotécnicos gerais, de zoneamento geotécnico e geotécnicos especiais.

Na U.R.S.S., é enorme o número de mapas geotécnicos realizados principalmente nas escalas entre 1:100 000 e 1:500 000 , assim como em escalas maiores (1:25 000 a 1:50 000) ou menores (1:1 000 000); dependendo do conhecimento geológico existente sobre a região e da sua importância econômica, obser - vando-se que mapas na escala 1:2 500 000 já foi compilado e publicado. Cabe também ressaltar a produção de mapas de "série de solos", que representam as várias características dos materiais até ± 10 m de profundidade, considerados sim - plificados e muito usados pelos planejadores e engenheiros.

2- FATORES CONSIDERADOS

Os principais fatores considerados nos mapeamentos geotécnicos são:

a- Solo-rocha, águas e processos geológicos atuais, devendo ser retratada a significação geotécnica, a regularidade das rochas e a ocorrência de águas na superfície e em subsuperfícies. Todos os mapas geotécnicos devem refletir os mesmos fatores, porém com mudanças no detalhamento,em função da escala. Na análise e construção das legendas;as rochas são divididas segundo os estágios estruturais.

As unidades taxonômicas usadas são:

- Formação geológica e Sub formações:

É um complexo rochoso com estrutura regular, formado sob um determinado regime tectônico e climático, num determinado estágio da história geológica da crosta e sob um certo estágio litogenético e/ou metamórfico.

- Complexo Geológico - Genético (Macrofáceis e fáceis)

Formado por corpos rochosos, com suas litologias, texturas, feições estruturais, etc.
É mapeado em escala média e grande e, junto com dados geomorfológicos, pode auxiliar na separação de regiões geotécnicas.

- Complexo Petrográfico - Litológico

Ocorrência de corpos rochosos, prevalecendo os tipos petrográficos, distribuição e estruturas e possíveis fenômenos geotécnicos. É mapeado em escala grande e pode fornecer as condições dos materiais para construção.

- Tipo Petrográfico de Rochas

É baseado na composição química e mineralógica,nas estruturas e na texturas, caráter e grau epigenético e metamórfico, e está correlacionado com as categorias de rochas da "NORMAS E REGRAS DE CONSTRUÇÃO". É mapeado em escalas grandes em primeira aproximação dá idéia de deformabilidade e da instabilidade físico-química do meio físico.

- Tipo Geotécnico de Rochas

Baseia-se nas peculiaridades da composição mineralógica, da estrutura e da textura das rochas, que governam as suas propriedades geotécnicas.
É mapeado em documentos detalhados e especiais, junto com dados hidrogeológicos, e sendo considerado na individualização de "sitios" e "sub distritos".

- Variedades Geotécnicas de Rochas

Individualizadas pelas variações da composição mineralógica, da estrutura e do estado do material, devido a certos tipos de processos hipergenéticos, geodinâmicos e tectônicos, assim como da atividade antrópica. A individualização está ligada aos códigos e normas de construção (Russa). São mapeados em documentos detalhados e auxiliam na separação de elementos geotécnicos e na escolha do projeto e cálculo, sendo utilizados para detalhar distritos e sub distritos.

b- As águas, tanto superficiais quanto de subsuperfície, são analisadas de maneira que reflitam as conexões dos aquíferos, as relações com os complexos geológico e genéticos e petrográficos, o regime hidrodinâmico, a ocupação química e a corrosividade.

c- Os elementos geomorfológicos num mapa, devem corresponder às relações das formas topográficas, suas idades, neotectônica da área em questão, estrutura tectônica, características das rochas e processos geológicos.

d- Os processos geológicos atuais e os fenômenos diversos, de acordo com as características como os carsticos, os escorregamentos, as sufusões, as subsidências, as erosões, assim como as idades e suas relações com as situa

ções climáticas, hidrogeológicas e outras, devem ser mapeados.

As áreas, quando mapeadas geotécnicamente, são arranjadas em regiões, sub regiões, distritos e sub distritos, porém em mapas de escala grande ou especiais pode ocorrer a divisão "local" ou "lugar"

REGIÃO

É baseada nas características tectônicas, podendo conter estruturas de 1a, 2a ou mais ordens.

Considera-se, que as zonas superiores das regiões sejam compostas de estágios estruturais, e que cada um compreende algumas formações geológicas.

SUB REGIÃO

É distinguida dentro da região de acordo com as características geomorfológicas, sendo possível separar sub região de 1a, 2a e outras ordens, normalmente um grupo complexo genético compõem os depósitos superficiais de uma sub região, e a partir desta é possível investigar e correlacionar peculiaridades dos depósitos superficiais, das águas, dos processos exógenos , do relevo e da hidrografia.

DISTRITO

Faz parte da sub região, sendo uniforme em termos de estruturas geológicas num número exato de complexos (lito) petrográficos.

PARTE DO DISTRITO

Possui diferentes condições hidrogeológicas e diversas manifestações dos processos exógenos recentes ou não; podendo ser considerado como sub distrito em mapas tanto de escala grande, como nos especiais("local" ou "Lugar").

Em todos os mapas, é generalizado o uso da coluna estrato - litológica, que mostra as formações rochosas , formações, níveis de água, etc, sendo normal construir se colunas para cada região. Para cada folha, é indicada a realização de 2 secções cruzadas, com todos os dados possíveis de serem cartografados e registrados. Os mapas geotécnicos especiais são realizados com base no mapa geotécnico geral e suplementados com informações geotécnicas referentes às necessidades específicas.

Na tabela 21, e como exemplo, pode-se observar os limites obedecidos para as construções residenciais e industriais.

Observa-se na tabela 22, as unidades taxonômicas relativas aos grupos de escala e o que levantar e caracterizar dentro de cada faixa. A seleção da escala, dentro da faixa dependerá da complexidade das estruturas geológicas da área em questão.

Os trabalhos nas escalas entre 1:100 000 e 1:500 000, são comuns e usados no planejamento realizados por uma metodologia mais ou menos padronizada. O objetivo destes mapas é o de avaliar as condições geológicas - geotécnicas para permitir a escolha de grandes territórios para a construção de complexos industriais e residenciais, de estradas, de canalizações, etc, e servindo também para o estudo e

TABELA 21: ESQUEMA DE LEGENDA PARA MAPA GEOTÉCNICO ESPECIAL

GRUPO DE LOCAIS COM VARIOS GRAUS DE COMPLEXIDADE DAS CONDIÇÕES GEOTÉCNICAS	TIPOS DE LUGARES E SUAS CARACTERÍSTICAS		
	ESTRUTURA GEO MORFOLÓGICA	BREVE CARACTERIZAÇÃO DAS ROCHAS	DADOS DE HIDROGEOLOGIA
Favorável para construção: preparação da área não é necessária	Superfícies de denu dação	Talu-aluvial com 1 a 2m de es pessura	Profundidade do N.A. bom
	Altos terraços de agradação acima da bacia	1- Materiais siltosos e arenosos com 5 a 7m de espessura 2- Cascalho grosso e pedregulho, com 5 a 7m de espessura	Profundidade do N.A. entre 5 e 10 m
Condições favoráveis, preparação pode ser necessária devido N.A. raso	Terraços de agrada ção baixos	1- Materiais arenosos, 5 a 7m de espessura 2- Areias e seixos diversos, 5 a 7m de espessura	Profundidadedo N.A. é de 2 a 3m
Condições favoráveis para construção, preparação é necessária devido problema topográfico	Taludes com taludes de 10 a 15º	1- Materiais com restos de rocha, 5 a 10m de espessura 2- Arenitos, calcáreos	- DRENAGEM
	Taludes erodidos com argila entre 25 e 30º	Arenitos, calcáreos com acamamentos horizontais	
Desfavorável para construção, preparação é necessária devido a inundação e outros	Recente agradação da bacia	1- Material com m. org. e lentes, 2 a 3m de espessura 2- Materiais arenosos, 5 a 7m de espessura	Área inundada periódicamente
		Materiais diversos, 5 a 10m de espessura	INUNDADA

* Aplicada para a sub divisão principal da classificação das rochas compilada de Sergeev et alii e "Regras e normas de Construção"

TABELA 22: UNIDADES TAXONÔMICAS x ESCALAS x CRITÉRIOS

GRUPOS DE ESCALAS PARA MAPAS	UNIDADES TAXONÔMICAS			MÉTODO PARA ESTIMAR AS PROPRIEDADES DAS ROCHAS (**)
	ROCHAS (*)	CONDIÇÕES HIDROGEOLÓGICAS	CONDIÇÕES FÍSICO-GEOLÓGICAS	
1:1 000 000 ou menor	Classe, Grupo, Sub grupo	Tipos genético de aquífero desconfinados com máxima profundidade para água do solo por figuras	Áreas com ocorrências de fenômenos anturais (escorregamento e outros)	1- Métodos indiretos 2- Metodologia de analogia geotécnica
1: 500 000 a 1: 50 000	Tipo	Idem, mas com dados mais detalhados como resultado da pesquisa		1- Método indireto 2- Metodologia de analogia geotécnica 3- Método de estatística nat.
1: 25 000 ou maior	Espécie Ex: unid. esp. taxon. de rocha	Contorno de aquíferos não con finados com profundidade míni ma p/ H_2O 0 - 2m 2 - 5m 5 - 10m 10m		1- Método estatístico natural 2- Tipificação pelo significa do do índice de classe

proposição de medidas de proteção ambiental.

As principais etapas para se executar os mapas são:

1- Caracterização dos componentes de todos os complexos que compõem a situação geológica, permitindo a escolha do local para construção civil, do tipo, etc.

2- Estabelecer interrelações entre os componentes do meio físico (estrut., geol., geomorf., condições geocriológicas e hidrogeológicas, processos geológicos recentes e geo - técnicos, propriedades físico-mecânicas das rochas) e os efeitos de fatores exogênos do ambiente (clima, H_2O su - perf., vegetação, etc...).

3- Estabelecer a regularidade de uma variação espacial das condições geotécnicas.

4- Estabelecer a interação entre processos naturais e estruturas existentes.

5- Previsão geral das variações das condições geotécnicas sob influência das condições naturais e das medidas construtivas (movimentos de terra, variação do índice de "runoff", variação na vegetação e outros).

3- DOCUMENTOS RESULTANTES

Normalmente, apresentam-se mapas na escala 1:200 000, podendo ser reduzida a 1:500 000 ou aumentada a 1:100 000, em função da complexidade das condições geotécnicas.

Os componentes que normalmente são retratados nos mapas, segundo Melnikov at alii (1975), são:

1- Relevo, através de contornos e outros símbolos topográficos.

2- Estrutura geológica, tanto dos materiais de superfície até ± 10 m de profundidade, como também dos materiais de subsuperfície com sua composição mineralógica e espessuras.

3- Condições geocriológicas

4- Condições hidrológicas e hidrogeológicas, como profundide e nível dos aquíferos, correntes superficiais, agressividade e etc (símbolos em azul).

5- Processos e fenômenos geológicos e geotécnicos recentes, com tipos e áreas de ocorrência. (limites, símbolos e figuras em vermelho).

6- Áreas promissoras para pesquisas e prospecção de depósitos de materiais de construção e minérios (por símbolos).

4- FORMAS DE MAPEAMENTO

Os trabalhos de mapeamento geotécnico realizados pelo Serviço Geotécnico são baseados inicialmente nos trabalhos de Popov e Nikolaev.

A questão básica é a análise de todos os componentes do ambiente geológico onde as atividades humanas estão concentradas, modelando uma relação genética - histórica, sendo que o mapeamento geotécnico deve identificar estas relações e estabelecer a regularidade de sua distribuição espacial. A situação normalmente é definida por dois caminhos distintos:

a- Análise das formações em termos lito-genéticos.
A região deve ser dividida em complexos genético-estratigráficos e em seguida sub dividida em complexos (fá - ceis) lito-genéticos.

Complexo genético-estratigráfico constitui parcela de uma região com "rochas e solo" de mesma gênese e idade formadas em uma única situação fisiogeográfica e objeto de uma mesma história geral de desenvolvimento geológico.

Um complexo genético-estratigráfico é composto por unidades rochosas com mesmos fatores formadores com distribuição espacial semelhante, mesmos mecanismos de interação (presença de mesma área de recarga, mesma trajetória do material no transporte.

As rochas de um mesmo complexo genético-estratigráfico, devem ter as mesmas tendências, nas variações de sua composição e propriedades. Vários complexos genético - estratigráficos envolvem combinações de rochas distintas pela composição petrográfica e propriedades físico-mecânicas, originando diferentes variações faciais.

O modo de ocorrência da rocha, caráter de variação da espessura, composição, feições textural e estrutural, como também o caráter das transformações diagenéticas, epigenéticas e hipergenéticas dos sedimentos são determinadas por um complexo genético-estratigráfico pertencente a um mesmo estágio estrutural, para uma única formação geológica e tipo genético de rocha.

É possível, dentro de uma formação, distinguir complexos faciais e genético-estratigráficos, com variadas distribuições espaciais, que conduzem a realização de mapas geotécnicos de pequenas e médias escalas, porém não

apresentando condições suficientes para a análise de certas condições geotécnicas, daí a aplicação do segundo caminho.

b- (Landscape) - Análise da paisagem

Baseia-se nas considerações de que as condições geotécnicas para construção são definidas por uma combinação de fatores geológicos e fisiogeológicos (Popov, 1970), em razão da estrutura geológica de uma área, da história de seu desenvolvimento com as recentes variações do nível de água entre as porções mais internas e externas, isolando-se corpos denominados de complexo natural ou "Paisagem".

"Paisagem", no caso, representa um território concreto, homogêneo quanto à origem e história do desenvolvimento, possuidor de singular estrutura geológica, relevo uniforme e combinação semelhante de condições hidrotérmicas de solos e biocenose.

Em cada complexo natural, todos os componentes do ambiente, ou seja, estrutura geológica e topografia, água subterrânea e superficial, clima, vegetação, solos e processos exógenos, são interrelacionados e recíprocos, portanto, complexos naturais são produtos da interação do ambiente geológico e manto geográfico, no último estágio de desenvolvimento.

O termo "complexo natural" foi criado por Dokuchaev et alii ( ), através de trabalhos realizados em escalas pequenas e médias.

Este sistema apresenta algumas vantagens, a saber:

- Separa porções de uma área, distinguida pela natureza e proximidade entre os componentes das condições geotécnicas.

- A sua aparência externa fornece componentes fisionômicos dos complexos naturais, que permitem o mapeamento de sua estrutura interna (método de indicação de paisagem).

- Possibilidade de prever uma variação na aparência externa do complexo natural, devido ao desenvolvimento econômico, bem como estudar as correspondentes variações das condições geotécnicas.

- Uso mais completo dos resultados do mapeamento geotécnico com a finalidade de proteger o ambiente.

"Como os complexos naturais de diferentes ordens tem diferentes condições e naturezas das conexões intra-paisagens, conhecer e estabelecer estas relações é de grande importância geotécnica".

Na U.R.S.S., os mapeamentos geotécnicos são realizados por uma conjugação dos dois caminhos, aplicados às mais diversas regiões.

Em cada região o trabalho é realizado através de uma combinação de procedimentos de campo, associados a estudos laboratoriais, tais como:

- Métodos para uma avaliação qualitativa das variações das condições geotécnicas, de maneira que permitem a distinção dos diferentes corpos geológicos ou complexos naturais, e assim selecionar áreas claves e "direções" principais. (Método da indicação de Paisagem, sondagens, geofísica, etc...)

- Métodos indiretos (lineares e pontuais), voltados ao estudos das áreas chaves e das principais "direções", visando obter índices qualitativos ou quantitativos dos materiais, como a composição rochosa, o estado e as propriedades características de cada corpo geológico ou

complexo natural (afloramento, aberturas, testes geotécnicos de campo e laboratoriais).

- Métodos para estrapolação dos resultados das áreas chaves e principais "direções" para as áreas próximas ou circundantes.
  A aplicação do método de indicação de Paisagem, será altamente válida quando com antecedência, verificar a viabilidade de extrapolação dos índices a partir das áreas chaves.

Os trabalhos de caracterização geotécnica resumem-se em:

- Distinção de corpos geológicos em seções, caracterizando sua composição, condições físicas e propriedades dos materiais com vista a classificá-los de acordo com documentos normativos.

- Avaliação do grau de uniformidade e persistência da composição e condições físicas das rochas, assim como o estabelecimento de um tipo de regime das variações geotécnicas dos principais tipos litológicos.

5- ÁREAS CHAVES

Na U.R.S.S., o sistema de concentração de trabalhos em "áreas chaves" é muito comum, entendendo-se como tal, pequenas porções de terrenos selecionados dentro das regiões a serem estudadas e que devem ser suficientemente representativas para que os resultados possam ser extrapolados. As áreas chaves podem ser especiais e gerais, em função da finalidade.

Documento / Fatores e atributos -> / Formas de Ocupação	Carta Fundações	Carta Escavabilidade	Mapa carta Erodibilidade Erosão	Mapa Profundidade Substrato Rochoso	Carta Potencial Agrícola	Carta Declividade	Mapa de Profundidade do nível água	Mapa de Qualidade das águas (sub/sup)	Carta para disposição dos rejeitos Fossas	Tanques Sépticos	Aterros sanitários	Irrigação	Espalhamento	Depositos Subterrâneos	Células especiais
1 Areas Residenciais	1	1	0	0		0	0			0	0				
2 Vias de Acesso	1	0	0	0		0	0								
3 Barragem/Aterro	0	0	1	0	1	1	0								
4 Poços Profundos							0	0	0	0	0	0	0		
5 Parques Industriais	0	0	0	0		0	0				0				
6 Materiais para construcao			1	0			0								
7 Zonas inundação Natural/Induzida					0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8 Areas de recreação			0			0	0		0	0					
9 Areas de ocorrencia de Hazards			0	0		0	0								
10 Rejeitos sépticos: fossas / T. sépticos		0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0		
11 Loteamentos	0	0	0	0	1	0	0	1			0				
12 Reservatórios-Lazer,agua potável			0		0	0	0	1							
13 Obras enterradas		0	0	0		0	0								
14 Canalizações		0	0	0		0	0								
15 Estações de energia	1					1	0								
16 Termo-elétricas	1					1	1								
17 Túneis		0	0	0		0	0								
18 Ind/Hosp. equip. sensíveis	0			0		1	0				1				
19 Hortifrutigranjeiros			0		0	1	0	0							
20 Aeroportos	1		1			0	0								
21 Portos			0	1											
22 Aterros Sanitários		3	0	0	1	0	0	0			0				
23 Postos de combustível	0	0		0		0	0		0	0					
24 centros comerciais / serviços	1	1	0	0		1	0				0				
25 Cemitérios		0	0	0		1	0			0					
26 Usinas de compostagem	1	1	1	1	0	0	0	0					0		
27 Incineradores	1	1		1	0	1	0	0			0				
28 Estações de tratamento	0	0	0	1		0	0								
29 Terminais de Petróleo	0	0	1	1	1	0	0	0						0	
30 Termonucleares	0	0	0	0	0	0	0	0						0	0
31 Depositos Prod. Industriais	1	1	0	1	1	0	0	0					0		
32 Depósitos subterrâneos	1	0	0	0		0	0	0						0	0
REGIONAL 1 Rodovias	0	0	0	0	1	0	0								
REGIONAL 2 Ferrovias	0	0	0	0	1	0	0								
REGIONAL 3 Linhas de transmissão	1	1		1		0	0								
REGIONAL 4 Gasoduto/Oleoduto	1	0	0	0		0	0	0							
REGIONAL 5.1 Barragens			0		0	0	0	0							
REGIONAL 5.2 Projetos mineração	1	1	0	1		0	0	0							
REGIONAL 5.3 Irrigação	1	1	0	0	0	0	0	0							
REGIONAL 5.4 Psicultura	1	1	0	0	1	1	0	0							
REGIONAL 5.5 Hidroelétricas	0	0	0	0		0	0								
REGIONAL 5.6 Agua Potável	1	1	0	0	1		0	0							
REGIONAL 6 Pólos Industriais	1	0	1	0	1	1	0	0			0				
REGIONAL 7 Mineração		0	0		0	0	0	0	0						
REGIONAL 8 Canais para condução de água		0	0	0	0	0	0								
REGIONAL 9 Locais para disposição de rejeitos perigosos	0	0	0	0		0	0	0			0			0	0
REGIONAL 10 Depositos Subterrâneos	0	0	0	0		0	0	0						0	0
REGIONAL 11 Turismo			0		0	1	0	0	0	0					
REGIONAL 12 Disposição de resíduos por irrigação, Lançamento			0	1	0		0	0				0	0		
RURAL 1 Agroindústrias															
RURAL 2 Destilarias de Alcool	1		1		0	0	0	0				0	0		
RURAL 3 Criadouros			1		0	0	0	0	0		0				
RURAL 4 Abatedouros					0	0	0	0	0		0				
RURAL 5 Usinas de Açúcar	1		1	0	0	1	0	0			0				
RURAL 6 Fertilizantes	1		1	0	0	1	0	0			0		0		
RURAL 7 Pecuária			0		0	1	1	0							
RURAL 8 Agricultura			0	0	0	0	0								
RURAL 9 Hortifrutigranjeiros			0	0	0	0	0	0							
RURAL 10 Proj. de Irrigação			0	0	0	0	0	0							
RURAL 11 Agrovilas	0		0	1		0	0	0	0	0					

Formas de Ocupação	Carta Drenabilidade	Carta Escoamento superficial	Carta Taxa de infiltração	Mapa Bacias Hidrográficas (Tempo de Concentração)	Mapa Landform	Carta Movimentos de Massas	Mapa Expansibilidade Colapsividade	Carta Irrigação	Carta Potencial a corrosividade (água, mat. Inconsolidados)	Mapa Equipamentos Públicos Existentes	Mapa Áreas de Recarga	Carta Vulnerabilidade de contaminação das águas	Mapa Relação estrutura/relevo	Carta Potencial mineral e para construção Civil	Mapa Índices Sócio Econômicos	Mapa Climático	Mapa Flora	Mapa Fauna	Mapa Tecnógeno	Mapa Topográfico
1 Areas Residenciais	0	0		0	1	0	0		3	0	0	0		1	0				0	0
2 Vias de Acesso	0	0		0		0	0		1	0		1	0		1	1	1	1	0	0
3 Barragem/Aterro	0	0	0	0	0	2	3	0		0	2	2				0	2	2	1	0
4 Poços Profundos	1		0	1				0	0		0	0			0	0				
5 Parques Industriais	0	2	2	2	1	0	1		2	0	0	0			0					0
6 Materiais para construcao					0					0	0	0		0			1	1	0	1
7 Zonas inundação Natural/Induzida	0	0	0	0	0			0		0		0			0	0			0	
8 Areas de recreação	0				0	0				0	0	1				1	0	0	1	2
9 Areas de ocorrencia de Hazards	0	0	0	1	0	0	0		0			0	0		0	0			0	0
10 Rejeitos sépticos: fossas / T. sépticos	0	1	0			0				0	0	0			0	0			1	0
11 Loteamentos	0	0		0	1	0	0		1		1	1		0	0		1	1	0	0
12 Reservatórios-Lazer,agua potável		0		0	0	1		0			1	1				0	1	1	1	0
13 Obras enterradas	1			0	1	0	0		0	0	1	0			0				1	0
14 Canalizações	0	0		0	1					1						0			1	0
15 Estações de energia	0					0	0			0					1	0	1	1	1	1
16 Termo-elétricas	1					0	0			0	0	0			0	0	1	1	1	1
17 Túneis	0		0		1	0	1		1	0		1	0		1				1	0
18 Ind/Hosp. equip. sensíveis	1					0	1								0					2
19 Hortifrutigranjeiros	0	1	1		0			0		0	0	0				0				1
20 Aeroportos	0	1			0	0	0		0	1	2	1			0	0			1	0
21 Portos	0					0	0		0	0			1		1	0			0	0
22 Aterros Sanitários	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
23 Postos de combustível	0					0	0		0	0	0	0				0	0	0	0	2
24 centros comerciais / serviços	0	1		0	1	1	0		0	0					0				0	0
25 Cemitérios	0		0		1	1				1	0	0			0				1	0
26 Usinas de compostagem	0	0	0			1				0	0	0		1	0	0				1
27 Incineradores	0	0				0	0	0	0	0	0	0			1	0	0	0		1
28 Estações de tratamento	0	0		0		0	0		0	0					0	0	0		1	1
29 Terminais de Petróleo	0	0	0	1		0	0		0	0	0	0		0	0	0			0	1
30 Termonucleares	0	0	0	1		0	0		0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
31 Depositos Prod. Industriais	0	0	0			0		0		0	0	0				0	1	1		1
32 Depósitos subterrâneos	0	0	0	1		0			0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1
REGIONAL 1 Rodovias																				0
REGIONAL 2 Ferrovias	0	0		0	1	0	0		0		1	1	0			0	1	1	1	0
REGIONAL 3 Linhas de transmissão	1				0	0	0		0				1							1
REGIONAL 4 Gasoduto/Oleoduto	0	0			1	0	0		0	1	0	0	1	0	1		0	0		0
REGIONAL 5.1 Barragens	0	0	0	0	0	1		1		0	1	1	1	0		0	1	1	1	0
REGIONAL 5.2 Projetos mineração	0	0	0	0	0	0	1				0	0	1	1	0	0	1	1	1	0
REGIONAL 5.3 Irrigação	0	0	0	0				0	0		0	0	1	1		0				0
REGIONAL 5.4 Psicultura	1	1	0		1	1			0		0	0				0			0	0
REGIONAL 5.5 Hidroelétricas			0	0	0	0	0	1	1	1	1		0	1	1	0	0	0	0	0
REGIONAL 5.6 Agua Potável	0	0				1			1	0	0	0		0	0	0	1	1	1	1
REGIONAL 6 Pólos Industriais	0			0	1	0	1		1	0	0	0			0	0	0	0	0	0
REGIONAL 7 Mineração		1			1	1				0	0	0	0	0	0		0	0		1
REGIONAL 8 Canais para condução de água	0	1		1	0	0		0	1	0			0			0	1	1		0
REGIONAL 9 Locais para disposição de rejeitos perigosos	0	0	0	0	1	0			1		0	0	0		0	0	1	1	1	0
REGIONAL 10 Depositos Subterrâneos	0	0	0	1		0			0	1	0	0	1	1	0	0	2	2		1
REGIONAL 11 Turismo	0	0			0	0				0	0	0			0	0	0	0	0	
REGIONAL 12 Disposição de resíduos por irrigação, Lançamento	0	0	0	0				0	1	1	0	0				0	2	2	2	1
RURAL 1 Agroindústrias																				1
RURAL 2 Destilarias de Alcool	0	1				1	1			0	0	0			0		1	1	1	1
RURAL 3 Criadouros	0				0	1	1				0	0					0	0		1
RURAL 4 Abatedouros	0				0	1	1				0	0					0	0		1
RURAL 5 Usinas de Açúcar	0	0	0	1		0	0		0		0	0				0	2	2		1
RURAL 6 Fertilizantes	0	0	0	1		0		0	0		0	0				0	2	2		1
RURAL 7 Pecuária								0								0	1	1		
RURAL 8 Agricultura	0		0	0	1			0			0	0				0	0	0		
RURAL 9 Hortifrutigranjeiros	0		0	0	1			0			0	0			1	0	0	0		
RURAL 10 Proj. de Irrigação	0		0	0	1			0			0	0			0	0	0	0		
RURAL 11 Agrovilas	0				0	0	0		1		0	0			0	0	1	1		

Tabela 18 - Tipos de ocupações x atributos.

0 -FUNDAMENTAIS
1 -FUNDAMENTAIS CIRCUNSTANCIAIS
2 -ANÁLISE CUIDADOSA
3 -PODEM SER CORRIGIDOS

- Áreas chaves especiais, são utilizadas para estudar certas condições geotécnicas e locais individuais da área mapeada, que são distintos por estas particularidades.

- Áreas chaves gerais, são usadas com a finalidade de serem estudadas as mais diversas características geotécnicas. Estas áreas devem refletir as tendências e as variações da composição; do estado e das propriedades dos materiais, das águas subterrâneas e dos processos geológicos mais comuns. Normalmente fornecem informações globais dos valores extremos e os significados dos índices geotécnicos e hidrogeotécnicos. As áreas gerais devem representar todo o complexo genético estratigráfico, os principais elementos estruturais da região, todos os principais aquíferos ou complexo de aquíferos, todos os tipos de processos geológicos recentes e os principais tipos de complexos naturais; tais áreas devem ser localizadas próximo a cortes ou poços, para facilitar os estudos

São selecionadas com base nos dados referentes à natureza das variações da composição, do estudo e propriedades dos materiais, dados estes obtidos por investigações, tais como: técnicas geofísicas, sondagens e outras formas que possam ser correlacionadas com os índices de interesse, seja de maneira direta ou indireta. Podem ainda ser selecionadas através de uma avaliação hidrogeológica e geotécnica preliminar, baseada em dados geológicos, geomorfológicos, etc. Através do conhecimento geotécnico obtido dos componentes, da área chave, são norteadas as principais variações e suas direções, sendo necessário obter seções geotécnicas preliminares para auxiliar os trabalhos gerais.

O número de áreas chaves é determinado em função da extensão do complexo natural e do corpo geológico, sendo as áreas e as complexidades das condições geotécnicas também consideradas.

Os estudos detalhados sobre as áreas chaves são realizados por duas necessidades: de estudar as regularidades nelas existentes e de obter e apresentar estas informações e sua regularidade sobre mapas e seções.

Estes estudos nas áreas chaves são ainda realizados pela possibilidade e necessidade de extrapolar e ampliar os resultados para estágios seguintes da investigação.

As áreas chaves devem obedecer os seguintes limites:

ESCALA	ESCALA
Mapa Geotecnico	área chave
1:100 000 ou maior	1:25 000
1:200 000 ou menor*	1:50 000

A extensão das áreas chaves é função das diferenças e considerações sobre transporte-organização, sendo considerada ótima quando estiver entre 15 e 20 km^2.

Pode-se considerar que direções principais representam uma série de áreas chaves, entre as quais contínuas medidas de um índice são realizadas com o auxílio de um dos métodos mencionados.

Os mapas das condições geotécnicas são o resultado das interpolações e extrapolações dos mapas e seccções das áreas chaves.

6- MAPA GEOTÉCNICO DOS DEPÓSITOS MINERAIS

Esta sistematização foi discutida pelos autores (Golodkovs kaja, Demidi no congresso da I.A.E.G. em Paris (1970) e na Conferência Internacional sobre Geocriologia em Yakutsk (1973), quando concluiram que os dados de interesse são mui

tos e não há possibilidades de serem apresentados em um único mapa, mas exigindo uma série deles para que as informações qualitativas ou quantitativas sejam retratadas.

Os mapas são compilados em quatro fases: Mapas analíticos especiais, de base, de estimação especializada e de prognósticos.

MAPAS GEOTÉCNICOS DE BASE

- Tratam de todos os fatores, que governam as condições geotécnicas. Os mais comuns são os do gradiente geotérmico, do fraturamento, de águas, e de assuntos específicos da região. Cada mapa deve refletir o máximo possível das variações referentes ao seu campo.

  Mapas base refletem as características geotécnicas do substrato rochoso e dos materiais de cobertura.

MAPAS ANALÍTICOS ESPECIAIS

- São compilados na mesma escala dos mapas base e retratam os dados quantitativos que deveriam ser tratados nos Base, mas que acarretariam um acúmulo de dados num só mapa.

  Em trabalhos mais detalhados, os tipos anteriores podem ser suplementados por mapas de contorno de subsuperfície do nível estratigráfico do projeto.

MAPAS DE ESTIMAÇÃO ESPECIALIZADA

- São compilados para as estruturas aflorantes e para subsuperfície, constituindo-se em mapa de estimação do zoneamento geotécnico.

EESC-USP Biblioteca CAMPUS DE S. CARLOS

ETAPAS		CLASSES / ATRIBUTOS	ÁGUAS			RELEVO			MATERIAL INCONSOLIDADO					MATERIAL INCONSOLIDADO					SUBSTRATO ROCHOSO				
			DRENABILIDADE	PROFUNDIDADE N.A. (m)	DENSIDADE DE CANAIS N° / Km	LANDFORM	MOVIMENTO DE MASSA (potencial p/ ocorrer)	DECLIVIDADE	TEXTURA	SUPORTE CBR	MINERAIS EXPANSIVOS (%)	EXPANSIBILIDADE (%)	MICAS (%)	PERMEABILIDADADE (cm/s)	CAMADAS COMPRESSÍVEIS	ERODIBILIDADE	PRESENÇA DE MATACÕES	CLASSIFICAÇÃO M.C.T.	TIPO LITOLÓGICO	PROFUNDIDADE (m)	ESCAVABILIDADE	DESCONTINUIDADES (densidade persistência)	PERFIL DE ALTERAÇÃO
TRAÇADO		FAVORÁVEL	BOA	> 10	1 OU < 1	ÁREAS PLANAS	MUITO BAIXO	< 5 (< 2)	ARENO SILTOSA	> 30	NÃO	< 0,5	------	> 10^{-3}	NÃO	BAIXA	NÃO			> 10	FAVORÁVEL	POUCAS	HOMOGÊNEO E LATERÍFICO
		MODERADA	MÉDIA	5 - 10	2 - 3	ENCOSTAS SUAVES	BAIXO	5 - 10	AREIA ARGILOSA	12 - 30		0,5 - 3	------	10^{-3} - 18	OCORRE PNA NA ESPESSURA E NA SUPERFÍCIE	MÉDIA	POUCO			5 - 10	MODERADA	MÉDIA	
		SEVERA	MÁ	2 - 5	> 3		MÉDIO	> 10		4 - 12		> 3	------	< 10^{-4}	OCORRE COM ESPESSURA CONSIDERÁVEL E EM SUPERFÍCIE	ALTA	OCORRE EM SUPERFÍCIE			2 - 5	SEVERA	MUITAS	HOMOGENEO E COM CONTATO BAIXO
		RESTRITIVA	MÁ	< 2	> 4	.ESCARPAS .ZONAS ALAGADAS	ALTO	> 15	ARGILOSO	< 4		> 3	------	< 10^{-4}	OCORRE	ALTA	OCORRE EM GRANDE QUANTIDADE		. FILITOS . XISTOS . ALTERNÂNCIAS	< 2	RESTRITIVA	MUITAS E COM MERGULHO P/ O TRAÇADO	ESPESSO COM MUITO SAPROLITO
SUB-LEITO		FAVORÁVEL	BOA	> 10	1 OU < 1	ÁREAS PLANAS	MUITO BAIXO	< 5 (< 2)	ARENO SILTOSA	> 30	NÃO	< 0,5	INEXISTENTES	> 10^{-3}	NÃO	BAIXO	NÃO			> 10	FAVORÁVEL	POUCAS	HOMOGÊNEO E LATERÍTICO
		MODERADA	MÉDIA	5 - 10	2 - 3		BAIXO	5 - 10		12 - 30			POUCA		OCORRE PNA ESPESSURA NA SUPERFÍCIE	MÉDIA	POUCO			5 - 10	MODERADA	MÉDIA	
		SEVERA	MÁ	2 - 5	> 3		MÉDIO	> 10		4 - 12			MÉDIA	< 10^{-4}	OCORRE COM ESPESSURA CONSIDERÁVEL EM SUPERFÍCIE OU PRÓXIMO	ALTA	OCORRE EM SUPERFÍCIE			2 - 5	SEVERA	MUITAS	
		RESTRITIVA	MÁ	< 2	> 4	.ESCARPAS .ZONAS ALAGADAS	ALTO	> 15	ARGILOSO	< 4			ALTA			ALTA	OCORRE EM GRANDE QUANTIDADE		. FILITOS . XISTOS . ALTERNÂNCIAS	< 2	RESTRITIVA	MUITAS E COM MERGULHO PARA O TRAÇADO	ESPESSO COM MUITO SAPROLITO
ATERROS	LOCAL	FAVORÁVEL	BOA	> 10	------	ÁREAS PLANAS	BAIXO	< 5 (< 2)	ARENO SILTOSO	> 30	NÃO	< 0,5	INEXISTENTE	> 10^{-3}	NÃO	BAIXA	NÃO			> 3	FAVORÁVEL	POUCAS	HOMOGÊNEO E LATERÍTICO
		MODERADA	MÉDIA	5 - 10	------		BAIXO	5 - 10		12 - 30			------	10^{-3} - 10^{-4}	NÃO	MÉDIA	ESPARSOS			2 - 3	MODERADA		
		SEVERA	MÁ	2 - 5	------		MÉDIO	> 10		4 - 12			------	< 10^{-4}	OCORRE	ALTA	OCORRE EM SUPERFÍCIE			< 2	SEVERA		
		RESTRITIVA	MÁ	< 2	------	.ESCARPAS .ZONAS ALAGADAS	MÉDIO A ALTO	> 15	ARGILOSO	< 4	OCORRE	> 3	------	< 10^{-4}	OCORRE EM SUPERFÍCIE	ALTA	OCORRE EM GRANDE QUANTIDADE			< 1	RESTRITIVA	MUITAS	
	MATERIAL DE EMPRÉSTIMO	FAVORÁVEL	------	> 10	------		MUITO BAIXO E BAIXO	------	ARENO SILTOSO	> 30	NÃO	NÃO	INEXISTENTE		------	BAIXA	ALGUNS PEQUENOS	LA'	. GRANILITO . BASALTO . GABIOS E ETC.	> 5		POUCO SATURADO	HOMOGÊNEO E LATERÍTICO
		MODERADA	---	< 5	------		MÉDIO	------	ARENO ARGILOSO	12 - 30		< 0,5	POUCO		------		ALGUNS GRANDES	LA/LE'		3 - 5			
		SEVERA	---	< 3	------		ALTO	------	SILTE ARENOSO	4 - 12		0,5 - 3	MÉDIA		------		OCORRE EM SUPERFÍCIE	NA/NA'		< 3		MUITO FRATURADO	
		RESTRITIVA	---	< 2	------	.ESCARPAS MUITO ÍNGREMES .ZONAS ALAGADAS	EVIDÊNCIA DE JÁ TER OCORRIDO	------	ARGILOSO	< 4	OCORRE	> 3	ALTO		------	ALTA	GRANDE OCORRÊNCIA	NS' NG'	. FILITO, XISTOS ARDÓSIA R.S. ETC.	< 2		INTENSO (FRATURAMENTO	ROCHA ALTERADA E SAPROLITO DE ALGUMAS LITOLOGIAS

TABELA 27 Relação entre atributos e classes para estradas.

MAPAS DE PROGNÓSTICO

- A compilação deste tipo deve refletir as variações das condições geotécnicas dos depósitos minerais.

  Os métodos que permitem a avaliação das condições geotécnicas dos depósitos são:

  - Método de analogias (método geológico comparativo)

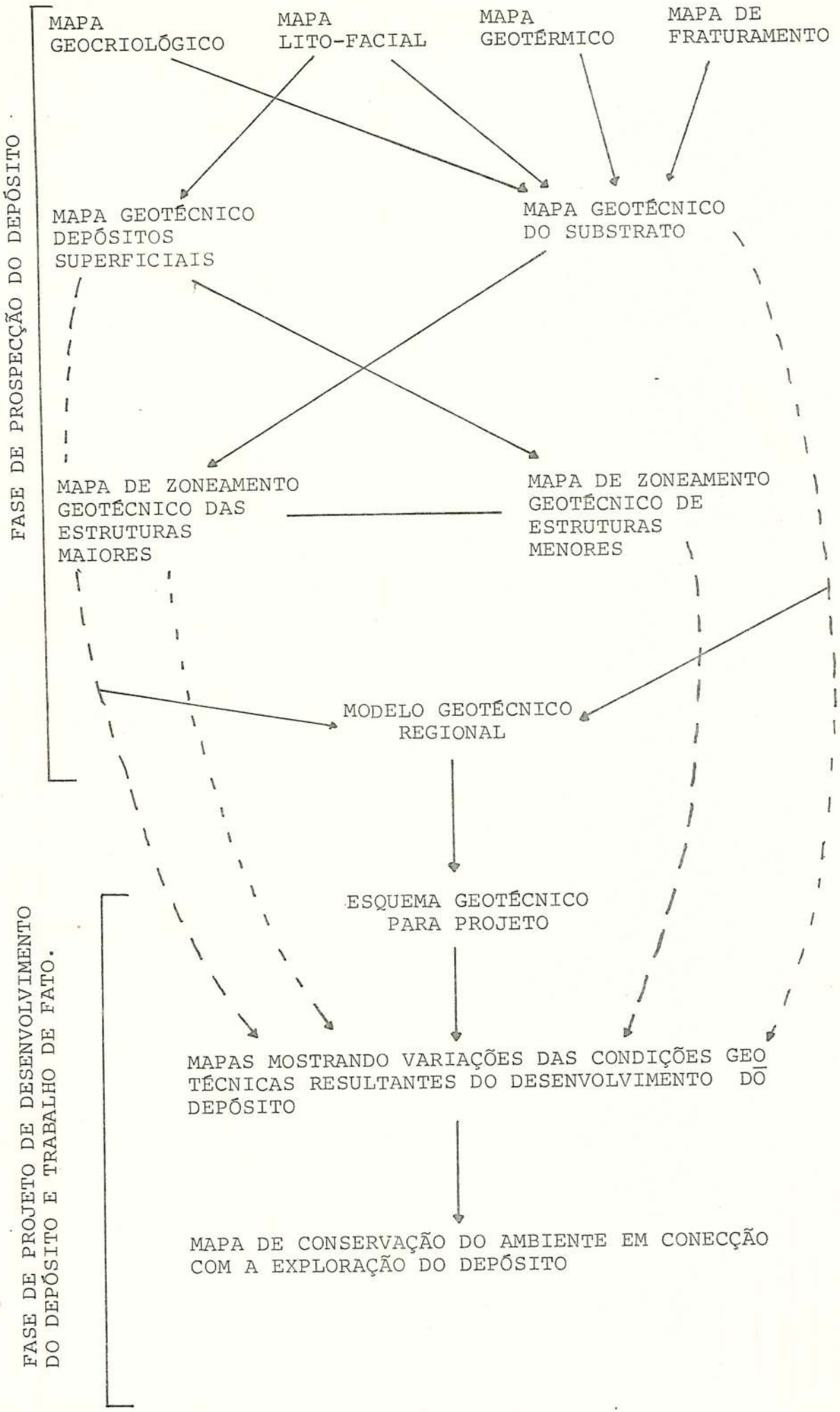
  - Método de avaliação dos vários fatores e condições

  - Método de modelamento

  - Método de cálculo matemático

  Através deste mapa, pode-se prever como as condições geotécnicas comportar-se-ão durante o desenvolvimento e exploração do depósito mineral, sendo consequentemente possível prever processos de instabilidade geotécnica.

  É indispensável obter informações sobre situações ocorridas em depósitos similares, assim como escavações subterrâneas, estabilidade de taludes em pedreiras e outros parâmetros de interesse geotécnico para a situação em questão. A seguir um organograma do conjunto de operações:


FASE DE PROSPECÇÃO DO DEPÓSITO
MAPA GEOCRIOLÓGICO
MAPA LITO-FACIAL
MAPA GEOTÉRMICO
MAPA DE FRATURAMENTO
MAPA GEOTÉCNICO DEPÓSITOS SUPERFICIAIS
MAPA GEOTÉCNICO DO SUBSTRATO
MAPA DE ZONEAMENTO GEOTÉCNICO DAS ESTRUTURAS MAIORES
MAPA DE ZONEAMENTO GEOTÉCNICO DE ESTRUTURAS MENORES
MODELO GEOTÉCNICO REGIONAL
ESQUEMA GEOTÉCNICO PARA PROJETO
FASE DE PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DO DEPÓSITO E TRABALHO DE FATO.
MAPAS MOSTRANDO VARIAÇÕES DAS CONDIÇÕES GEOTÉCNICAS RESULTANTES DO DESENVOLVIMENTO DO DEPÓSITO
MAPA DE CONSERVAÇÃO DO AMBIENTE EM CONECÇÃO COM A EXPLORAÇÃO DO DEPÓSITO

7- AMBIENTE GEOTÉCNICO

"Ambiente Geotécnico" significa a parte da litosfera sujeita às ações dos projetos de engenharia ou das estruturas que a influenciem.

Existe uma preferência na U.R.S.S., pelo termo "proteção do ambiente geotécnico" ao invés do "utilização racional do ambiente geotécnico", pois o primeiro não só se restringe a ótimas decisões de engenharia e seus efeitos sobre o ambiente geotécnico, mas também com as medidas voltadas à restauração proteção e melhoria das condições geotécnicas modificadas.

Processo geotécnicos na crosta da Terra, resultantes das construções de engenharia, possuem extrema interrelação, e a das variações das condições geotécnicas, apesar de ser muito difícil, propícia o desenvolvimento de medidas preventivas. Disso, resulta que o mapeamento das influências das atividades humanas, numa dada situação geotécnica, é um estágio básico (1º estágio) para a proteção do ambiente geotécnico.

Os mapas, com suas informações, permitem interpretações para previnir problemas, sendo de grande utilidade no desenvolvimento das regiões. Podem ser elaborados em várias escalas, sendo que em escalas grandes servem a projetistas e em escalas pequenas para planejamento.

As variações no ambiente devido à atividade humana influem ou são influenciadas:

- Após dependerem da situação geotécnica geral da região, incluindo estrutura geológica, geomorfologia, condições hidrogeológicas, processos geológicos e fenômenos endógenos e exógenos.

- Pelo fato do tipo de atividade humana, poder induzir diferentes características e intensidades nos processos geológicos, dependendo das condições geotécnicas, reinantes na área.

- Pela quantidade e intensidade das variações antropogenéticas, no meio ambiente serem dependentes da intensidade do impacto da atividade humana (no ambiente).

Para que seja possível uma análise compreensiva dos processos antropogenéticos, é necessário que o mapa apresente os seguintes grupos de fatores:

- Processos e condições geotécnicas

- Grau e natureza das variações devidas à construção e ocupação

- Fenômenos e processos antropogenéticos típicos

Sabe-se que os limites para construções são definidos pelos fatores econômicos e sociológicos, levando em conta as peculiaridades do ambiente geotécnico.

Critérios para avaliar a estabilidade, bem como para correlacionar as várias situações geotécnicas necessitam ser estabelecidos o desenvolvimento destes critérios e a preparação do correspondente mapa geotécnico especial, é constituído, 2º estágio da realização do mapeamento geotécnico para proteção do ambiente.

A combinação de investigações geotécnicas e econômicas resulta nos "mapas geotécnico-econômicos", que se prestam para racionalizar o uso do ambiente para as várias condições de construção. São derivados de mapas de zoneamento geotécnico e de mapas das variações do ambiente geotécnico. A união destes mapas, com as considerações sobre a possível carga a ser aplicada, possibilita a avaliação do ambiente sob os aspectos geotécnicos e econômicos.

II. 1.11. SISTEMÁTICA DE M. HUMBERT

Segundo o autor, a realização das cartas para planejamento regional deve basear-se na análise dos quatro grupos de fatores seguintes:

- Topografia (morfologia)
- Solo e Subsolo
- Escoamento das Águas e Drenabilidade
- Recursos Naturais em Termos de Materiais para Construção

O inventário dos fatores acima deverá ser essencialmente descritivo e executado através dos métodos de reconhecimento simples, resultando na elaboração de diversas cartas analíticas, tais como:

- Carta Clinométrica
- Carta do Subsolo, contendo:
  - espessura das formações e sua identificação
  - profundidade do substrato
  - descontinuidades
- Carta Hidrogeológica

O trabalho deverá ser operacionalizado em duas fases, sendo que na primeira levantar-se-ão os seguintes atributos:

- Encostas e Estabilidade
- Qualidade dos Terrenos Superficiais
- Profundidade do Substrato
- Profundidade do Nível de Águas

Através destes dados, é possível compor uma carta de aptidão dos terrenos com a finalidade de planejamento regional e que servirá de base para trabalhos futuros envolvendo geólogos, geotécnicos, planejadores e urbanistas.

GEOTECNICA AMBIENTAL	GEOLOGIA AMBIENTAL	RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	GERENCIAMENTO	FISCALIZAÇÃO	RECURSOS NATURAIS
	Análise básica de possíveis problemas		Macro Regional	Conjunto de Tipos de ocupação	Avaliaçao Global
	Na definição das zonas superficiais aos problemas	X X	Regional (700 Km2)	Franja de expansão dos centros urbanos	Definição das possibilidades reais de exploração
Definição básica dos mecanismos	Caracterização prévia do problema	X X	Sub Regional (200 Km2)	Tipos de ocupação como loteamentos	Seleção das áreas em hierarquia e investigação básica
Associação da caracterização, mecanismos gerais e possíveis recursos tecnológicos		X X		Nos processos de implementação de uma área (um loteamento específico)	instalação dos processos de exploração
Definição, Avaliação	X X				
Processo em implementação	X X				

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS	OBRAS CIVIS			PLANEJAMENTO		ESCALAS
	INVENTÁRIO	SELEÇÃO LOCAL	PROJETO BÁSICO	REGIONAL	URBANO	
	Global			Disposição de obras longitudinais. Gestão de grandes extensões		1:250.000 1:100.000
X X	Tipo específico de ocupação	Principais ocupações			Áreas > 100 Km2	1:50.000
X X		X	X	X X	Áreas 100 - 50 Km2	1:25.000
Plano de Monitoramento		X	X		Áreas 50 - 25 Km2	1:10.000
Locais a serem monitorados			X		Áreas < 25 Km2	1:5.000
			X		Áreas < 10 Km2	1:2.000

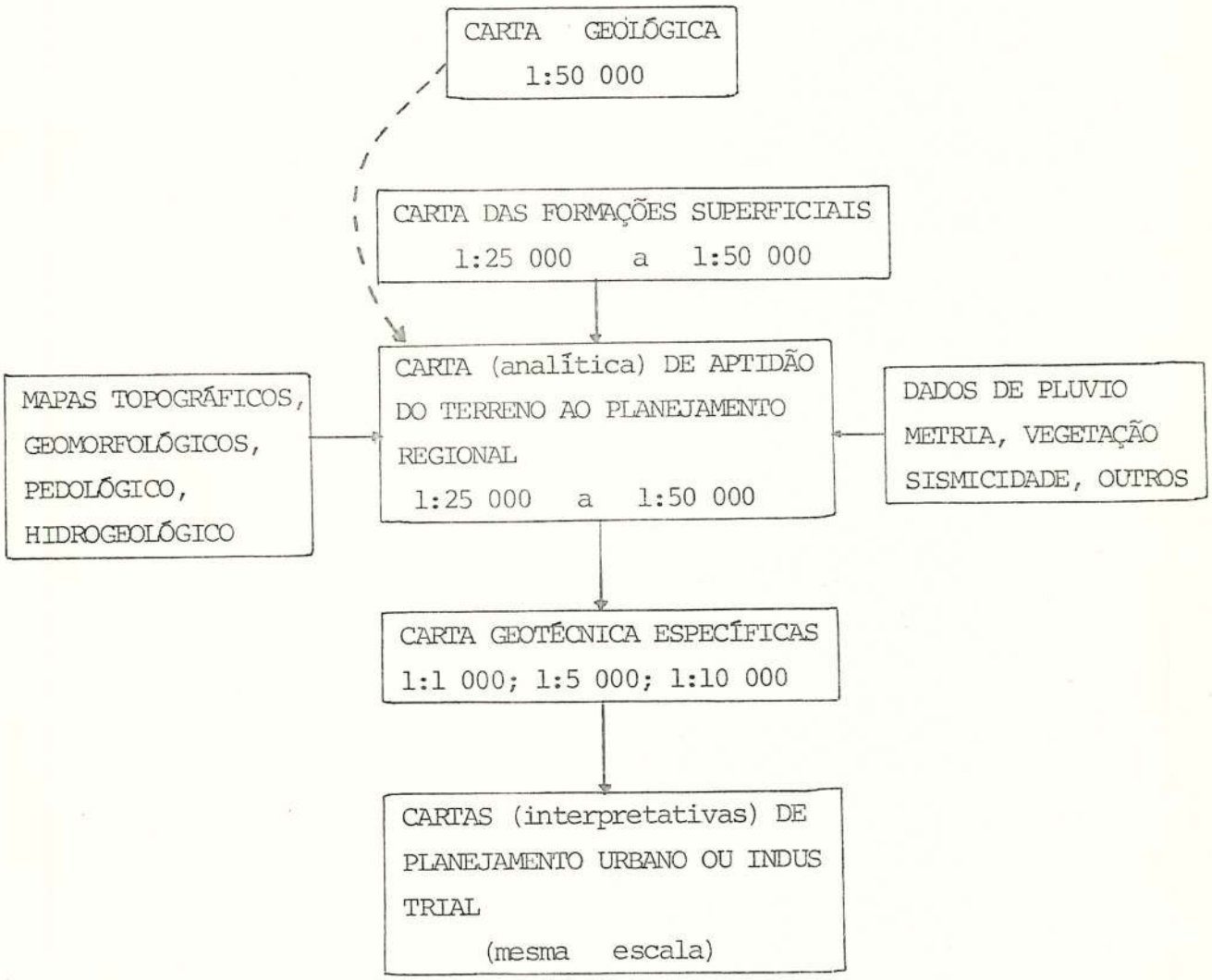
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	VARIABILIDADE DOS ATRIBUTOS: ACEITÁVEL	VARIABILIDADE DOS ATRIBUTOS: IDEAL	GENERALIZAÇÕES
	Para atributos considerados de controle mínimo a variabilidade deve ser menor que 25% e para os outros inferior a 50%, para as unidades dos diferentes documentos.	< 15%	Aceitável a generalização tipológica, porém a cartografia deve ser restringida a condições específicas
Perfil de alteração ou do pacote de material inconsolidado para cada landform ou grupo de landforms ou para um tipo com distribuição generalizada em área mapeada. Associar atributos índices para as faixas perdominantes do perfil (granulometria, mineralogia, etc.)	Para as unidades de todos os documentos a variabilidade dos atributos deve ser inferior a 20%	< 10%	A generalização cartográfica e tipológica deve ser evitada nos documentos básicos. Nos documentos conclusivos quando não ultrapassar 5% da região
Perfis de alteração ou do pacote de materiais inconsolidados (extremos) para cada landform, ou tipo mapeado. Além dos atributos índices associar outras informações índices ou diretas	< 15 %		Semelhante a escala anterior, porém considerando o limite de 3%
Sequência de pelo menos três perfis de alteração ou dos materiais inconsolidados para cada landform ou tipo de material ou 1 para cada componente de terreno. Associar além dos atributos índices outros atributos básicos de uso direto	< 10 %		Não deve ocorrer a generalização cartográfica e a tipológica só ocorre em documentos conclusivos no máximo 2% da região
Elaborar sequências de perfis de alteração ou de material inconsolidados para cada vertente da Bacia Hidrográfica	< 8 %	< 5%	Não deve ocorrer
É adequado acompanhar o perfil das informações geotécnicas básicas de uso geral e algumas específicas			
Associar as condições anteriores mais informações de uso direto em projetos	No interior de cada unidade os atributos devem apresentar variações superiores a 5%.		

BACIA HIDROGRÁFICA (Classif. Strahler)	GEOMÓRFICA	ROCHAS	ESTRUTURAL	DECLIVIDADE BASEADA EM:	
5 ou maior	Conjunto de "Landforma"	Associação litológica Grupo litológico obedecendo os Tipos de Rochas	Mapa dos lineamentos e das estruturas regionais com a delimitação das zonas mais complexas, assoc. ao mapa topográfico	Curvas de Nível com equidistância menor que 20 m.	
Ordem 4 ou 5 em função da densidade de bacias	"Landform" ou grupo de "Landform" semelhantes	Litologia ou litologia dominante	Sobre o mapa topográfico as descontinuidades (lineamentos, zonas de fraturas, foliações e juntas) que permitam delimitar os domínios. Medidas em áreas chaves	Curvas de nível com equidistância menor que 20m, associadas a fotos áreas e trabalho de campo	
Ordem 3 ou 4 em função da densidade de Bacias ou de Condicionantes do relevo (geomorfologia)	"Landform"	Litologia	Semelhante ao anterior com maior densidade de informações e análise sobre densidade e persistência de fraturas juntas, etc.	Curvas de Nível com equidistância menor que 10m, associadas a fotos aéreas e trabalho de campo	
Ordem 2	Componentes do terreno	Subdivisão da litologia em termos de cimento, alternâncias, mineralogia, etc	Aumento significativo das medidas e avaliação por litologia ou grupo litológico	Curvas de nível com equidistância menor que 5m, associadas a fotos áreas e trabalho de campo em zonas de mudanças de classes	
Ordem 1	Feições que compõe os componentes do terreno		Anterior + Estereogramas básicos e modelo geométrico		
Vertente individualizada			Anterior + Estimativas sobre classificação e permeabilidade do mat.rochoso	Equidistância 1m. e forte controle de campo	

Tabela 19 - Atributos de controle mínimo e uso dos documentos em função das escalas.

Numa segunda fase, deve-se realizar a escolha dos coeficientes de planejamento urbano (C.A.U.) ou industrial (C.A.I.), que permitem ao usuário uma relação entre a carta de planejamento e os dados em questão. Estes coeficientes são obtidos através de uma análise dos fatores jurídicos, econômicos, geográficos e sociológicos que caracterizam cada zona. A análise conjunta dos atributos com os coeficientes permite orientar a ocupação, qualificando as áreas em classes como: boa, média, fraca e medíocre.

DIAGRAMA



A carta de planejamento é obtida pela combinação dos parâmetros da primeira fase, com os coeficientes C.A.U. ou C.A.I. de forma que cada área, em termos de "urbanização e industrialização", seja classificada como:

Classe 1	Recomendada
Classe 2	Aceitável
Classe 3	Evitada
Classe 4	Proibida

As cartas de aptidão dos terrenos devem ser elaboradas através da análise dos três grupos de fatores principais (topografia, solo e águas) combinados com os secundários (clima, vegetação e outros), caracterizando as unidades da região, de maneira que os usuários possam fazer uma escolha acertada, frente às possíveis opções de ocupação.

Após definir cada área, bem como sua melhor ocupação ou melhor condição para uma dada ocupação, realizam-se as cartas geotécnicas em escalas maiores, que devem apresentar detalhes voltados à execução da ocupação prevista.

Segundo o autor, a metodologia foi aplicada em diversas regiões, porém o desenvolvimento deu-se como na aplicação, na região de Clermont-Ferrand (França). Apresenta, como ponto forte, a simplicidade no levantamento e avaliação dos atributos necessários à elaboração das diversas cartas.

III- 1.12. METODOLOGIA KIEFER

1- COMENTÁRIOS GERAIS

O desenvolvimento e a expansão populacional, ocorrendo em diversas regiões do U.S.A., exigiram dos planejadores formas de ocupação mais ordenadas.

Kiefer (1967) executou um trabalho na região de FRINGE a partir do qual elaborou uma sistemática de análise dos terrenos, visando orientar a ocupação, principalmente para fins residenciais.

A partir das análises dos terrenos, foram elaborados mapas que serviram para orientar o desenvolvimento das áreas em terrenos residenciais, industriais e outros, sendo denominados de mapas de adequabilidade.

2- ATRIBUTOS CONSIDERADOS

Os terrenos são analisados em função das suas características topográficas, do solo, de suas condições de drenagem e do substrato rochoso. A análise é baseada em características físicas, não se preocupando com a ocupação atual ou em andamento.

Os terrenos recebem uma classificação para cada atributo analisado, considerando o uso futuro, segundo classes que definem possíveis graus de ocupação, assim como as limitações de cada atributo, expostas a seguir:

ÓTIMA — as condições são ideais, e não apresentam limitações significativas para o desenvolvimento da ocupação.

SATISFATÓRIA — possuem limitações sérias para o desenvolvimento, e que devem ser analisadas; normalmente não apresentam grandes dificuldades de solução.

MARGINAL os terrenos apresentam limitações sérias e de difícil correção. Se o uso for inevitável, estudos específicos são necessários para atender melhor as condições limitantes.

INSATISFATÓRIA as condições dos terrenos são muito limitantes para qualquer uso; no caso de ser inevitável a ocupação, obras de engenharia de alto custo serão necessárias.

A análise dos atributos que interferem em cada forma de ocupação deve ser elaborada em função das variações e limitações de cada situação.

3- TIPO DE OCUPAÇÃO

3.1. Ocupação Residencial

Para a análise dos terrenos é necessário saber qual o tipo de residência, urbanas ou rurais.

O desenvolvimento de residências, principalmente as urbanas, é condicionado pela topografia, e condições de drenagens; as residências do meio rural sofrem maiores limitações, devido as condições de drenagem e suprimento de água potável.

3.1.1. Topografia

Este atributo é representado pela declividade, onde as classes apresentam os seguintes limites:

CLASSES	RESIDENCIAIS	
	RURAL	URBANA
Ótima	2 - 5%	0 - 5%
Satisfatória	0 - 2; 5 - 10%	5 - 10%
Marginal	10 - 20%	10 - 20%
Insatisfatória	> 20%	> 20%

As classes foram definidas considerando algumas situações como:

- Associação da classe 2% - 5% com boas condições de drenagem.

- Problemas com tanques sépticos para declividades superiores a 10%.

3.1.2. Solo

Deve ser analisado de maneira geral, considerando a escavabilidade, a drenagem interna e utilizando uma classificação. (Kiefer, utilizou a U.S.C.) para formar as seguintes classes:

ÓTIMA	GW, GP, SW e SP
SATISFATÓRIA	GM, GC, SM, SC, ML e CL
MARGINAL	MH, CH, OL e OH
INSATISFATÓRIA	Material com parte argânica.

3.1.3. Drenagem

Considera as condições gerais da área, sendo a profundidade do Nível de Águas básica, pois tem influência direta na instalação de tanques sépticos. A metodologia utilizou, para limitar as classes, os valores adotados no Estado de Wisconsin (U.S.A.).

CLASSE	CRITÉRIOS (Prof. N.A.)
Muito pobre	0 - 30.3cm
Pobre	30,3 - 91 cm
Fraca	0,91 - 2,12m
Boa a excelente	> 2,12m

Foram consideradas as seguintes ressalvas:

- Áreas com profundidade do Nível de Água menor que 91 cm, são consideradas insatisfatórias, porém onde está entre 30,3 e 91 cm, podem ser usadas para alguns fins.

- Áreas com profundidade do Nível de Águas superior a 210 cm são consideradas satisfatórias.

3.1.4. Profundidade do Substrato

As características deste atributo podem inviabilizar uma ocupação, mesmo que os outros sejam favoráveis. O substrato estando a pequena profundidade traz problemas para a instalação de equipamentos diversos, como na construção de condutos, na escavação e outros.

CLASSES	CRITÉRIOS (Prof. em m.)
Ótima	> 2,10
Marginal	0,91 - 2,10
Insatisfatória	0 - 0,91

OBS: A classe marginal, será considerada insatisfatória quando os custos para escavações e construções forem considerados altos.

3.1.5. Permeabilidade do Solo

É importante, por controlar a instalação de tanques sépticos e o autor considera a faixa de coeficientes de permeabilidade entre $\sim 4,1 \cdot 10^{-3}$ cm/s e $7 \cdot 10^{-4}$ cm/s a mais adequada.

3.1.6. Combinação das Classes

Deve ser elaborada, respeitando um possível atributo limitante, assim como as seguintes exceções:

- Quando uma área tiver classe ótima para 3 grupos de atributos e satisfatória para solo, deve se conceder classe geral "ótima" para toda a área, seja para residências urbanas ou rurais.

- Quando os terrenos forem considerados marginais em termos de topografia e profundidade do substrato, deve se dar classe "insatisfatória" para a ocupação com residências rurais .

- A classificação de marginal para topografia e drenagem deve propiciar uma classe geral insatisfatória para toda a área.

3.2. Ocupação Industrial

O conhecimento das características de um parque industrial é fundamental para que a análise dos atributos seja adequada, permitindo classificar os terrenos para serem ocupados como sítios industriais.

3.2.1. Topografia

É o atributo que mais limita os locais para instalação de indústrias, sendo exigidos taludes bem suaves.

Os possíveis problemas com estabilidade de taludes devem ser resolvidos junto com a topografia.

CLASSES	CRITÉRIOS
Ótima	0 - 2%
Satisfatória	2 - 5%
Marginal	5 - 10%
Insatisfatória	> 10%

Os grandes parques industriais devem ser construídos em terrenos com declividade entre 0 e 2%, porém indústrias de pequeno porte podem ser sitiadas em áreas com declividade entre 5 e 10%, considerando os problemas referentes a:

- Custo com escavações;
- problemas com circulação de materiais;
- problemas com os pátios para carga/descarga e estacionamentos.

Os terrenos com declividades superiores a 10%, são inviáveis para qualquer tipo de indústria.

3.2.2. Solo

As condições de escavabilidade, a drenagem interna e a estabilidade são as consições mais importantes no estudo para instala - ções industriais, sendo que algumas situa ções devem ser consideradas:

- Um terreno considerado pobre, em termos de solo, pode não apresentar problema para fundações, desde que se possa assentá-las sobre o substrato.

- Deve ser considerada a possibilidade de substituição do material classificado como insatisfatório por um outro satisfatório.

O autor baseou sua classificação de solos no sistema U.S.C.

ÓTIMA	GW, GP, SW e SP
SATISFATÓRIA	GM, GC, SM, SC, ML e CL
MARGINAL	MH, CH, OL, OH e tufeiras

3.2.3. Drenagem

As áreas com Nível de Água rasa podem ser ocupadas, utilizando obras de engenharia para melhorar tal condição.

- Áreas inundáveis são consideradas insatisfatórias; mas o conceito marginal pode ser dado, quando a execução de obras de engenharia para a melhoria for possível.

3.2.4. Profundidade do Substrato

As profundidades pequenas (<91cm) são problemáticas quando os terrenos forem inclinados, principalmente devido às escavações, podendo ser vantajosas quando for necessário colocar fundações sobre o substrato.

3.2.5. Combinação das Classificações

Deve ser elaborada respeitando as situações limites e as exceções como:

- As áreas com classificação marginal para o solo, ótima ou satisfatória para topografia, ótima para drenagem e satisfatória para o substrato podem ser consideradas como satisfatória, porque as fundações serão assentadas sobre o substrato.

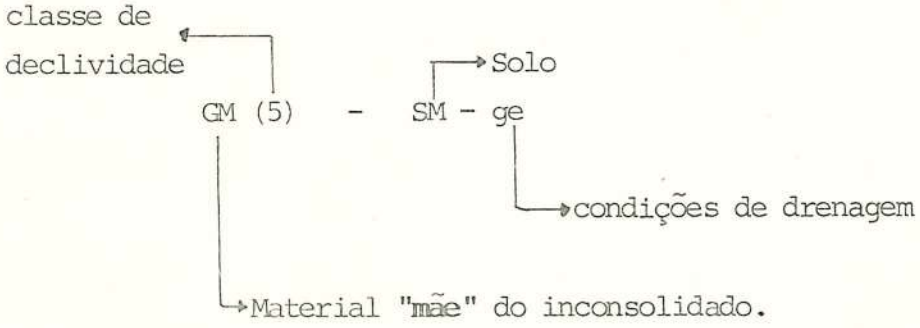
- Áreas com classificação marginal para a topografia e a profundidade do substrato, devem ser consideradas insatisfatórias devido à necessidade de alto volume de escavações.

- As áreas com classificação ótima para topografia, drenagem e profundidade do substrato, e satisfatória para o solo, podem ser consideradas ótimas.

4- SISTEMÁTICA PARA O MAPEAMENTO DOS TERRENOS

O autor da metodologia adotou o sistema proposto por Lueder (1959), aplicado na elaboração de mapas em New Jersey.

O sistema utiliza como base os atributos já discutidos, complementados por informações descritivas. As unidades mapeadas tem as suas características registradas por um grupo de símbolos, como exemplificado a seguir:



Os símbolos usados obedecem às seguintes situações:

Material "mãe" - (Rocha mãe)

É responsável pela caracterização do material que deu origem ao inconsolidado residual, ou pelos meios que foram responsáveis pela erosão, transporte e deposição dos materiais inconsolidados transportados. Como exemplo, tem-se:

IGR - Granito - Rocha Ígnea
MGR - Gnaisse - Rocha metamórfica
GL - Glácio - Lacustre.

CLASSE DE TALUDE

Utiliza-se o número que representa o limite superior da classe em questão:

CLASSE	SÍMBOLO	LIMITES
Ótima	2	0 - 2%
Satisfatória	5	2 - 5%
Marginal	10	5 - 10%
Insatisfatória	20	10 - 20%
	+	> 20%

CLASSE DOS SOLOS

Utiliza a classificação unificada para os materiais do horizonte "C".

CONDIÇÕES DE DRENAGEM

Devem ser usadas as iniciais das classes, como por exemplo:

be - boa a excelente
mp - muito pobre

PROFUNDIDADE DO SUBSTRATO

Normalmente, faz-se acompanhar de uma letra ou um número que pode significar outras características, como por exemplo:

GM (5) - SM (3) be

Prof. do substrato

CONSIDERAÇÕES

As informações podem ser colocadas em uma única folha, se a complexidade dos terrenos não for muito grande; caso contrário, pode-se usar uma folha para cada atributo em questão.

As informações complementares devem ser colocadas junto dos mapas, através de tabelas e outros recursos gráficos.

5- MAPA DE ADEQUABILIDADE DO TERRENO

Após a elaboração dos mapas retratando as condições dos terrenos, deve-se executar uma análise das condições para definir e qualificar as áreas, a fim de que sejam ocupadas para os fins propostos.

O mapa de adequabilidade é elaborado considerando-se a associação das condições técnicas com os problemas de ordem social, econômica, política e ambiental, facilitando o trabalho dos planejadores.

PASSOS

1º Deve-se montar uma tabela que representa as possíveis combinações dos terrenos em relação às características mapeadas, reservando colunas para as condições de futura ocupação.

CLASSE DE TALUDE (t)	CLASSE DE SOLO (s)	CLASSE DE DRENAGEM (d)	PROFUND DO SUBS TRATO (r)	USO RES.URB	RES.RUR.	INDUS
0 - 2%	SW CH	be b	$2,10^{+}$ 30,3	S Msr	S Msr	D Isr
2 - 5%						
5 - 10%						
10 - 20%						
> 20%						

Com base nas classes de talude, executa-se a divisão correlacionando-as com as outras classes, e da combinação final resulta uma classificação (ótima, satisfatória, marginal e insatisfatória) para cada conjunto, em função da futura ocupação.

Quando ocorrer a classificação de cada unidade como marginal ou insatisfatória, deve-se fazer acompanhar por letras minúsculas que representam as condições limitantes, exemplo:

Mtr - marginal devido à classe de talude e profundidade do substrato.

2º Após a elaboração da tabela, monta-se um mapa para cada forma de ocupação (residencial, urbana, rural e industrial) delimitando as áreas com condições idênticas para a ocupação proposta.

Estes mapas podem ser realizados de maneira bem detalhada e em seguida sofrerem uma generalização, respeitando - se os princípios básicos do processo.

3º Deve-se definir as melhores áreas para cada finalidade e realizar um mapa delimitando-as, utilizando símbolos que as qualifiquem em ordem decrescente e que servirão como orientação ao usuário comum, ao planejador e às organizações ambientais fiscalizadoras.

II- 1.13. SISTEMÁTICA BOTTINO - CIVITA (ITÁLIA)

1- FINALIDADE - PLANEJAMENTO GERAL

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A sistemática é sustentada por trabalhos dos autores realizados na região de Turim (Itália), e o esqueleto básico está apoiado em uma hierarquização de cinco ordens de documentos, a saber:

- cartas geotécnicas de base
- cartas temáticas primárias
- cartas temáticas de integração
- cartas temáticas de sínteses de setor
- cartas de síntese geral

O objetivo da sistemática é fornecer dados principalmente aos seguintes campos de atuação:

- estabilidade dos terrenos
- recursos para agricultura
- recursos hídricos
- recursos de energia
- recursos lito-minerais

Para auxiliar a obtenção dos resultados finais, alguns programas computacionais são utilizados, tais como:

SIGDAT	elaboração cartográfica
RIDRAC	para dados metereológicos
CHIDREL	para dados químico - analíticos das águas

- Ordenação das cartas:

1a ORDEM

Compreende só as cartas geotécnicas que são elaboradas para servirem de base ou referência.

2a ORDEM

Compreende as cartas temáticas primárias.

3a ORDEM

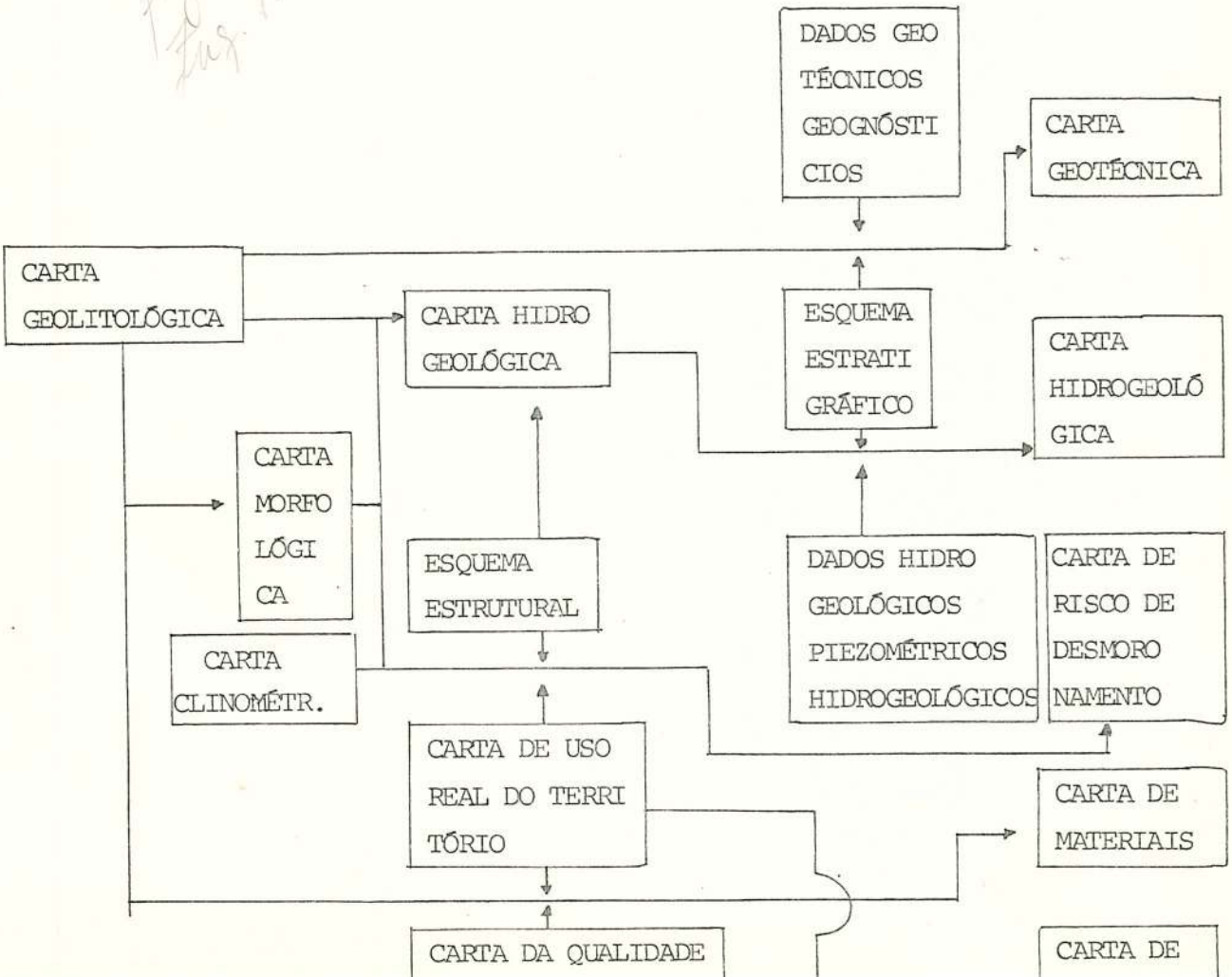
São as cartas obtidas por aproximações sucessivas junto de outras considerações (temáticas de integração).

4a ORDEM

Compreende as cartas temáticas de síntese dos setores e que são as mais utilizadas pelos planejadores.

5a ORDEM

Compreende as cartas finais, que permitem visualização.



1.2. PRINCIPAIS CARTAS x DADOS x UTILIZAÇÕES x METODOLOGIA

a- **Esquema Estratigráfico** - escala 1:50 000

- Metodologia
  Síntese dos dados, envolvendo as relações estratigráficas.

- Dados a Considerar
  Subdivisão crono - estratigráfica e determinação das isoclinas dos terrenos.

- Utilização
  Suporte para correlação dos dados geognósticos e complemento para outras cartas.

b- **Esquema Estrutural e das Lineações** - escala 1: 50 000

- Metodologia
  Utiliza dados dedutivos, geofísicos e outro.

- Dados a Considerar
  Estruturas, limites estruturais, lineações e outros.

- Utilização
  Definição das áreas de riscos e estruturas morfológicas.

c- **Carta Geotécnica** - escala 1:25 000

- Metodologia
  Através de fotos aéreas de diferentes tipos e outros controles.

- Dados a Considerar
  Limites entre lito-tipos com características diferentes, resistência das rochas, fraturação, cimentação e outros.

- Utilização
  Diversos fins de planejamento.

d- **Carta de Uso Real do Terreno** - escala 1:25 000

- Metodologia
  Obtenção dos dados por meio de fotos aéreas,outras imagens e controles de campo.

- **Dados a Considerar**
  Individualização os tipos de ocupação e hierarquização.

- **Utilização**
  Como base das outras cartas e como fonte de orientação aos planejadores.

e- **Cartas de Inclinação** - escala 1:25 000

- Metodologia
  Através de mapas topográficos e trabalhos de campo.

- Dados a Considerar
  Zoneamento das classes dos terrenos.

- Utilização
  Planificação dos terrenos.

f- **Carta Morfológica da Gradação das Vertentes**
escala 1:25 000

- Metodologia
  Imagens aéreas.

- **Dados a Considerar**
  Zoneamento em unidades morfo-genéticas homogêneas, avaliação do estágio de erosão e de degradação das vertentes.

g- **Carta de Risco de Desabamento ("EBOULEMENT")** escala 1:25 000

- **Metodologia**
  Através do sistema informático "SIGDAT".

- **Dados a Considerar**
  Zoneamento do território quanto às formas de ocorrência.

- **Utilização**
  Por projetistas para previsões futuras.

h- **Carta Hidrográfica** - escala 1:25 000

- **Metodologia**
  Síntese de dados já existentes e imageamentos.

- **Dados a Considerar**
  Bacias e sub-divisões, fontes de águas e áreas de inundações, entre outros.

- **Utilização**
  Planificação territorial para as diversas formas de ocupação.

i- **Carta Hidrogeológica** - escala 1:25 000

- **Metodologia**
  Síntese de dados e análise da fissuração, entre outros.

- Dados a Considerar

  Permeabilidade das rochas, isopiezométricas médias, hidro-estruturas e direção de fluxos, entre outros.

- Utilização

  Projeto urbanístico e de obras

j- **Carta Hidrogeoquímica** - escala 1:25 000

- Metodologia

  Tratamento dos dados através do programa CHIDREL II, dos diagramas SCHOLLER e PIPER e representação por meio de diagrama circular de vetores e histogramas.

- Dados a Considerar

  Concentrações iônicas, tais como: Mg/Ca; SO_4/Cl, Na/Mg e Na^+ K/Cl, diferentes famílias de águas subterrâneas e fácies químicas.

- Utilização

  Condições das águas subterrâneas e superficiais, aquíferos e outros.

k- **Carta de Qualidade Final das Águas** - escala 1:25 000

- Metodologia

  Elaboração dos dados com base no programa CHIDREL e representação por meios semelhantes, conforme os citados no ítem 2.j

- Dados a Considerar

  Dados de qualidade (potabilidade, usos agrícola e industrial), segundo as normas internacionais e da U.S.D.A.

- **Utilização**

  Planejamento de uso das águas

1- **Carta de Vulnerabilidade dos Níveis de Água Subterrânea** - escala 1:25 000

- **Metodologia**

  Comparação e interação dos dados básicos existen - tes, entre outras observações finais.

- **Dados a Considerar**

  Zoneamento da região em termos de grau de vulnerabilidade à poluição ou locais onde a mesma ocorre.

- **Utilização**

  Previsão de proteção a áreas que serão urbanizadas e/ou onde haverá exploração de água para uso potável.

CARTAS NA ESCALA 1:40 000

- de precipitação anual média
- de temperatura anual média
- Isoclimáticas
- Hypsométricas
- Evapotranspiração real anual média
- Potencial hídrico anual médio
- Coeficiente de infiltração potencial
- Infiltração potencial média anual
- de escoamento superficial potencial médio anual

- **Metodologia**

  Elaboração automática, pelo programa RIDRAC, dos dados básicos e resultados.

- **Dados a Considerar**
  Zoneamento das áreas com diferentes características quanto aos atributos considerados.

- **Utilização**
  Na determinação das características a serem implementadas pelas formas de ocupação.

n- **Carta dos Materiais de Construção e de Potencial Extrativo** - escala 1:25 000

- **Metodologia**
  Síntese crítica dos dados básicos, estudo morfológico e delimitações dos terrenos e outras análises.

- **Dados a Considerar**
  Limites entre complexos homogêneos pela potencialidade extrativa, possibilidade de desenvolvimento de pedreiras, cubagens e outros.

- **Utilização**
  Na determinação de áreas que são homogêneas quanto às condições exigidas e na definição de prioridades, entre outros.

o- **Carta de Qualidade das Argilas e Areias Silicosas** escala 1:50 000

- **Metodologia**
  Síntese crítica dos dados básicos

- **Dados a Considerar**
  Representação, por meio de diagramas, dos principais parâmetros tecnológicos dos materiais das áreas mais interessantes.

TABELA 23: PRINCIPAIS FEIÇÕES DOS COMPLEXOS LITOLÓGICOS SUPERFICIAIS E SUAS CARACTERÍSTICAS.

Complexo litológico	Litologia	FEIÇÕES E CARACTERÍSTICAS					
		Plasticidade	Capacidade de carga	Ângulo de atrito	Capacidade de suporte	Permeabilidade	Outras
Solos incoerentes, prevalecendo a granulometria grosseira	Seixos com matris arenosa e restos de rocha	Nula	3 a 4,52 Kg/cm^2	35 a 40º	Excelente a Boa	Alta (10^1 cm/seg) mas variam em função da porcentagem de areia	Bom para a instalação de obras. Alta difusão de gás no subsolo.
Granulometria média, solos incoerentes.	Areias misturadas com seixos, siltes e pedras de mão	Nula	1,5 a 3 Kg/cm^2	30 a 40º	Boa	Discreta (10^{-2}cm/S), variando com a porcentagem de silte	Ocaional susidência, provável difusão de gás.
Solos pseudo-incoerentes, prevalecendo a granulometria fina.	Argila e silte com areia e raros seixos ou blocos.	Discreta	0,5 a 1,5 Kg/cm^2	25 a 30º	Pobre	Fraca ($< 10^{-3}$ cm/seg)	Possível subsidência, provável formação de bolsões de gases.
Granulometria grosseira com espessura $<$ 1m, alternando com granulometria fina.	Seixos e areias sobre siltes e argilas.	Nula em superficie discreta em profundidade	Varia verticalmente de acordo com a granulometria predominante.			Alta em superficie e baixa em profundidade.	Possível retenção de água na camada do topo.
(Camada superior) de granulometria fina com espessura menor que 1m, alternando com granulometria grosseira (camada interior)	Silte e argilas sobre seixos com areias.	Discreta em superficie, nula em profundidade	Feições de engenharia variam verticalmente de acordo com a granulometria predominante.			Pobre em superficie. Alta em profundidade.	Possível formação de bolsões de gás na parte inferior.
Substrato rochoso (fino) recoberto por aluvião ou coluvio (fino)	Margas, argilas e siltes com seixos e conglomerados.	Variam em função dos litotipos.				Variável (Fraca)	Movimentoslocais ligadosas condições antrópicas e geológicas.

- Utilização

  Complemento à carta de materiais de construção e de potencialidade, assim como para o planejamento da exploração dos materiais.

2- PARA FINS DE PROTEÇÃO DA REDE DE OBRAS EM SUBSOLO

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O objetivo desta sistemática é obtèr um zoneamento das áreas com riscos para as obras enterradas. A metodologia baseia-se num grupo de atributos do meio físico que interferem sobre as obras, aspectos tecnológicos e antropogênicos. Os aspectos tecnológicos são relativos aos materiais usados nas obras, sendo os antropogênicos relativos às atividades exercidas em superfície e que podem alterar as obras.

O zoneamento é obtido através da divisão da região em quadrículas de dimensão definida. Cada quadrícula, é avaliada quanto ao grau de risco, por meio de um sistema de "pesos" que são concedidos a cada variação dos atributos do meio físico, dos aspectos tecnológicos e dos antropogênicos.

2.2. FEIÇÕES E PESOS CONSIDERADOS

TIPO	VARIAÇÕES	FAIXA DE PESO
TECNOLÓGICO	Comprimento acumulado das obras para cada quadrícula (km)	0 - 20
	Profundidade média das obras enterradas (m)	
GEOTÉCNICO	Feições geotécnicas das camadas superficiais	2 - 12
	Espessura do material inconsolidado	
	Feições geotécnicas do substrato	
	Condições hidrológicas	

ATIVIDADE ANTRÒPICA	Tipos e frequência dos veicu - los motorizados, incluindo os urbanos e não urbanos	0 - 9
	Tipo de pavimento	0 - 4

A FAIXA DE PESOS PARA AS VARIAÇÕES DE CADA CLASSE DE ATRIBUTOS

VARIAÇÃO		PESO POR UNIDADE
Comprimento acumulado de metal para a quadrícula		0,5 por Km
Profundidade média da obra com metal	0,6m	20 por Km
A partir da superfície	0,6m 0,9m	1,0 por Km

PESOS PARA AS VARIAÇÕES TECNOLÓGICAS.

VARIAÇÃO	PROPRIEDADE	PESOS
Tipo de Tráfego	Frequência média diária de veículos	
Leve	< 10.000	0,5
	> 10.000	1
Pesado	< 500	2
	> 500	4
Pavimento	Asfalto	0
	Calçamento (PAVÉ)	2
	"Slabs"	4

TABELA 24: PESOS PARA AS VARIAÇÕES DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS ,TECNO_ LÒGICAS E DE ATRIBUTOS.

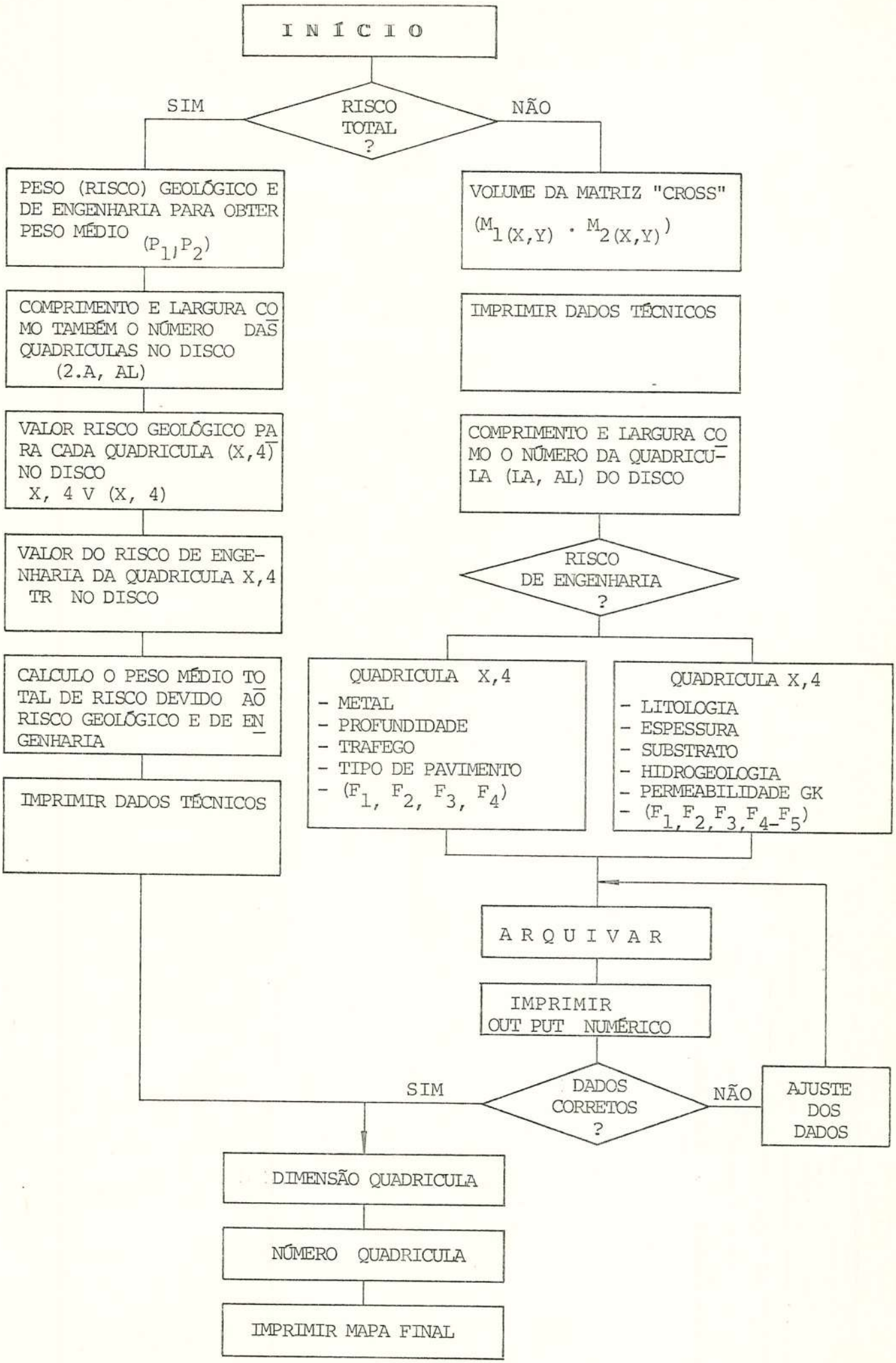
VARIAÇÃO	GRAUS DE PRIORIDADES 1	2	3	
Litologia das camadas superficiais (A)	Areias e seixos	Areia sobre arg. ou argila sobre areia	argila	FATORES PRINCIPAIS
Espessura do material inconsolidado (B)	≤ 2m	> 2m ≤ 3m	> 3m	
Condições hidrológicas (D)	Nível de água livre a < 15m	Nível de água entre 15 e 5m	Nível de água a < 5m	FATORES DE AJUSTE
Litologia do substrato (C)	Homogênea sem camadas argilosas	Heterogênea, camadas argilosas > 10m	Camadas argilosas em profundidade < 10m	
Permeabilidade dos níveis superficiais (E)	Baixa (argilas)	Média (areias ou areias sobre argilas)	Alto (seixos e argilas sobre seixos e areias)	

TABELA 25: PARÂMETROS GEOTÉCNICOS E GRAU DE INFLUÊNCIA

Após as diversas análises das variações existentes e a avaliação dos pesos é possível classificar cada quadrícula numa das seguintes classes:

- Nível de risco 0
- Nível de risco 1
- Nível de risco 2
- Nível de risco 3
- Nível de risco 4

O seguinte fluxograma para automatização deve ser considerado, em caso de aplicação da sistemática, com o uso de computadores.


INÍCIO
RISCO TOTAL ?
SIM
NÃO
PESO (RISCO) GEOLÓGICO E DE ENGENHARIA PARA OBTER PESO MÉDIO (P_1, P_2)
COMPRIMENTO E LARGURA COMO TAMBÉM O NÚMERO DAS QUADRICULAS NO DISCO (2.A, AL)
VALOR RISCO GEOLÓGICO PARA CADA QUADRICULA (X,4) NO DISCO X, 4 V (X, 4)
VALOR DO RISCO DE ENGENHARIA DA QUADRICULA X,4 TR NO DISCO
CALCULO O PESO MÉDIO TOTAL DE RISCO DEVIDO AO RISCO GEOLÓGICO E DE ENGENHARIA
IMPRIMIR DADOS TÉCNICOS
VOLUME DA MATRIZ "CROSS" ($M_{1(X,Y)} \cdot M_{2(X,Y)}$)
IMPRIMIR DADOS TÉCNICOS
COMPRIMENTO E LARGURA COMO O NÚMERO DA QUADRICULA (LA, AL) DO DISCO
RISCO DE ENGENHARIA ?
QUADRICULA X,4
- METAL
- PROFUNDIDADE
- TRAFEGO
- TIPO DE PAVIMENTO
- (F_1, F_2, F_3, F_4)
QUADRICULA X,4
- LITOLOGIA
- ESPESSURA
- SUBSTRATO
- HIDROGEOLOGIA
- PERMEABILIDADE GK
- (F_1, F_2, F_3, F_4-F_5)
ARQUIVAR
IMPRIMIR OUT PUT NUMÉRICO
DADOS CORRETOS ?
SIM
NÃO
AJUSTE DOS DADOS
DIMENSÃO QUADRICULA
NÚMERO QUADRICULA
IMPRIMIR MAPA FINAL

ANÁLISE DAS METODOLOGIAS E SISTEMÁTICAS E POSSÍVEIS ADAPTAÇÕES

I- CONSIDERAÇÕES GERAIS

As formas de análise e avaliação (metodologias e sistemáticas) do meio físico que foram estudadas no decorrer do levantamento bibliográfico, podem ser analisadas basicamente por dois caminhos:

- Quanto às unidades políticas, condições geográficas e aplicações (Analise Geral).

- Individualizados

As metodologias da IAEG e Francesa, foram consideradas, embora não tenham sido tratadas no resumo das metodologias ,podem ser encontradas em Zuquette(1981)

1- ANÁLISE GERAL

1.1. Há metodologias que foram desenvolvidas em função das necessidades e condições do país, tais como: a Francesa, a ZERMOS, a da Espanha, a da Rússia, a P.U.C.E, a A.R.D.A, da Inglaterra, a de BRINK e dos Solos Instáveis (Espanha). Estas metodologias foram desenvolvidas a partir de:

a- Trabalhos individuais realizados por equipes diferentes e que após uma análise global forneceram dados que serviram à elaboração de uma metodologia, tendo-se como exemplos a Francesa, a Zermos e a da Inglaterra;

b- outras, por uma equipe, mas que se baseava em atributos de interesse do país, tais como a P.U.C.E., a A.R.D.A. e a da Rússia.

c- outras já existentes, como é o caso metodologia da Espanha.

As metodologias relatadas estão sendo aplicadas em outros países, com pequenas modificações que nem sempre consideram os atributos mais significativos do meio físico.

1.2. As metodologias da COMECON e da I.A.E.G. foram elaboradas com o objetivo de serem utilizadas por um grupo de países.

A da COMECON é empregada regularmente pelos países do Leste Europeu, enquanto a da I.A.E.G. foi elaborada de forma a servir as mais variadas condições do meio físico, tem sido aplicada em alguns países do Ocidente.

Cabe observar que a metodologia da I.A.E.G., tem apresentado, no decorrer das suas aplicações, problemas devidos às considerações (em termos de) atributos e suas classes já estarem definidas e não coincidirem com as dos países onde está sendo aplicada.

1.3. Diversas metodologias e sistemáticas foram desenvolvidas por uma equipe específica, para uma determinada região, tais como: Froelich, N. Jersey, M. Humbert, Hong Kong, Kiefer, Ontario e a Suíça, sendo mais detalhadas, em termos de atributos, do que as citadas nos ítens 1.1. e 1.2..

1.4. A sistemática proposta por Mathewson e Font (1974) não se encaixa em nenhuma das condições anteriores, pois apresenta um esquema amplo de inter-relações para obtenção dos documentos de interesse ao planejamento do meio físico. Apesar de ampla, em ter -

mos de sistemática, é muito fraca em termos dos atributos que devem ser considerados para a realização de cada documento, ou seja, para a sua aplicação faz-se necessário desenvolver um trabalho prévio para definir os atributos que deverão ser mapeados.

1.5. As metodologias e sistemáticas podem ser reunidas em dois grupos, quando se considera os fins a que devem atender:

a- USO GERAL

Compreende aquelas que podem ser aplicadas em várias escalas, desde regionais (1:100 000) até de detalhe (1:2 000), sendo que os atributos mapeados não atendem a um fim específico, mas sim a fins gerais. Pertencem a este grupo, as metodologias: - Francesa, da I.A.E.G., da Rússia, da Espanha, a P.U.C.E. e a BRINK. Para aplicação em outros países, faz-se necessárias mudanças e adaptações em diversos níveis.

b- USO ESPECÍFICO

Fazem parte deste grupo as metodologias que foram desenvolvidas para um fim específico, para mapear uma área especial ou ainda para complementar outras mais amplas, como as de Froelich, de Kiefer, de M. Humbert, N. Jersey, de Ontario, Zermos e a de Solos Instáveis (Hinojosa e Leon).

As metodologias de Froelich, Kiefer, M.Humbert e a de Solos Instáveis, face às suas

pecualiaridade, podem ser aplicadas em regiões do País, com pequenas modificações.

2- ANÁLISE INDIVIDUALIZADA

A análise individualizada de cada metodologia e sistemática foi baseadas em suas particularidades, bem como possibilidade de empregá-las no País. Deve-se considerar que tais metodologias e sistemáticas foram elaboradas a partir da existência de atributos, o que não acontece nos países subdesenvolvidos e de grande extensão territorial, (como ocorre no Brasil).

2.1. Metodologia da I.A.E.G.

. É uma das mais abrangentes metodologias, tendo sido elaborada com o objetivo de uniformizar o processo de mapeamento geotécnico para o maior número possível de países.

. A metodologia foi elaborada por uma comissão da I.A.E.G. e publicada por partes:

- **Corpo Principal** - que define a sua aplicação e os componentes do meio físico que devem ser mapeados;

- **Simbologia** - onde são dados os símbolos que devem ser empregados para representar as variações do meio físico, mantendo praticamente a proposta da ANON (1972);

- **Classificações** - onde são definidas as classes dos diversos atributos que podem ser mapeados em função da escala do trabalho. Estas classificações são mais utilizadas

quando os trabalhos forem realizados em escalas grandes (Tipo Litológico ou Geotécnico).

- **Listagem bibliográfica** - reune as principais fonte que serviram de base à metodologia.

. A metodologia não é suficientemente clara em termos dos atributos que devem ser mapeados para cada componente do meio físico, nem quanto às formas de obtenção.

. A metodologia propõe a seguinte correspondência entre documentos e escalas:

Tipo Suite Litológia	menores que 1:200 000
Tipo Complexo-Litológico	1:10 000 a 1:200 000
Tipo Litológico	1: 5 000 a 1: 10 000
Tipo Geotécnico	maiores que 1: 5 000

. Para a aplicação desta metodologia, o mapeador deverá decidir sobre a escala, o tipo de documento mais adequado e como irá realizar o mapeamento para atender as condições e as classes estipuladas para o referido documento.

. A classe compreendida entre as escalas 1:10 000 e 1:200 000 é muito ampla, exigindo diversos níveis e tipos de informações para cada sub-nível (1:100 000; 1:50 000; 1:25 000), sendo necessários definir praticamente uma metodologia para cada um deles.

. A homogeneidade exigida para os quatro tipos de documentos é sempre em termos de litologia, considerando o agrupamento ou divisão, dificultando a tarefa de decidir sobre os atributos e limites que

devem ser adequados a cada tipo; isso se dá, principalmente porque a amplitude entre os extremos é muito grande.

. Os mapeamentos podem ser elaborados para fins gerais e específicos, apresentando as informações de maneira geral ou somente as de interesse.

. A metodologia pode ser aplicada a áreas com extensões variadas.

. A representação, em 3a dimensão, pode ser feita por diferentes mecanismos (bandas, perfís, etc).

. Teoricamente, a metodologia da I.A.E.G. pode ser adotada por qualquer país, mas para a sua aplicação é necessário que as seguintes condições sejam satisfeitas:

- número de informações compatível com as exigências da metodologia e do mesmo tipo;

- estipular a escala e o tipo de documento desejado;

- ordenar os componentes do meio físico, feições e atributos que sejam interessantes, e

- definir como obter os atributos e suas classes;

- como pode-se observar, para atender às exigências praticamente é necessário definir uma nova metodologia.

2.2. Metodologia Francesa

. É utilizada regularmente na França, sendo também conhecida como metodologia de Sanejouand.

- A maioria dos trabalhos realizados com base nesta metodologia se deram em áreas com menos de 150km^2 e em escalas maiores que 1:50 000. Porém, existem alguns casos em que a extensão da área é muito grande, como no trabalho da "Área Metropolitana de Marseille", com 2800 km.

- Os trabalhos conhecidos e elaborados segundo a metodologia, preocupam-se com a posição espacial das diferentes unidades de terreno e neles as variações verticais são representadas pelo sistema de bandas (listas) e seções cruzadas.

- Os resultados são apresentados em documentos denominados de cartas de aptidão, que são utilizados diretamente pelos usuários.

- O emprego correto da metodologia exige um bom conhecimento das diretrizes da metodologia, e das regras de interpolações e extrapolações de informações.

- A metodologia não condiciona os princípios e limites de cada atributo que devem ser julgados para definir as áreas que são homogêneas.

- Também não indica classificações e símbolos que possam ser usados durante a elaboração do trabalho, ficando a escolha aos cuidados dos mapeadores.

- O uso desta metodologia tem sido mais frequente do que da I.A.E.G., pelos seguintes motivos:

COMPONENTES	ATRIBUTO	ATERRO SANITÁRIO			
		FAVORÁVEL	MODERADA	SEVERA	RESTRITIVA
SUBSTRATO ROCHOSO	TIPO LITOLÓGICO (1)			ARENITO	CALCÁRIO
				LITOLOGIA COMO DUFFERE	
	PROFUNDIDADE (2) (m)	> 15	5 - 10	< 5	< 3
	DESCONTINUIDADE (DENSIDADE/JV) (3)	POUCOS	MÉDIA	MUITO FRATURADO	MUITO FRATURADO E COM ABERTURAS
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	TEXTURA (4)	MÉDIA	MÉDIA	ARENOSO	MUITO ARENOSO
	VARIAÇÃO DO PERFIL (5)	PROGRESSIVA	PROGRESSIVA	HOMOGÊNEO	HOMOGÊNEO
	MINERALOGIA (6)	PRESENÇA DE MIN. TIPO 2:1	MINERAIS TIPO 1:1	RAZOÁVEL % MINERAIS INERTES	MINERAIS INERTES (ALTA %)
	PRESENÇA DE MATACÕES (7)	RAROS E PEQUENOS	PEQUENOS E POUCOS	MUITOS	MUITOS E GRANDES
	PH (8)	> 4	> 4	> 5	< 4
	SALINIDADE (mmho/cm) (9)	< 16	< 16	> 16	MUITO SALINA
	C.T.C. (meq/100 g) (10)	> 15	5 - 15	< 5	< 2
	CAMADAS COMPRESSÍVEIS (11)	NÃO	NÃO	OCORRE EM SUPERFÍCIE	OCORRE EM SUBST. NÃO SUBSTITUTIVA
	COLAPSIVIDADE/ EXPANSIBILIDADE (12)	NÃO OCORRE	CAMADA SUPERFICIAL (1 m)	CAMADA SUPERFICIAL (2 m)	CAMADA ESPESSA (4 m)
	(POTENCIAL) ERODIBILIDADE (13)	BAIXA	BAIXA	ALTA	MUITO ALTA
	FATOR DE RETARDAMENTO (14)	ALTO	MÉDIO	BAIXO	COMO DE TRAÇADOR
	CARACTERÍSTICAS DE COMPACTAÇÃO (15)	γ_d =			
		W_{ot} =			
ÁGUAS	PROFUNDIDADE DO N.A. ABAIXO DA BASE POLUIDORA (16)	> 10	> 5	< 4	< 2 m
	DIREÇÃO DO FLUXO SUBTERRÂNEO (17)	UMA	UMA	2 OU 3	DIVERSAS
	ESCOAM. SUPERFICIALMENTE (18)	LAMINAR	LAMINAR (BAIXO)	LAMINAR (ALTO)	CONCENTRADO
	INFILTRAÇÃO (COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE) cm/s (19)	10^{-4} (PRÓXIMO)	10^{-4} - 10^{-6}	(> 10^{-3} 2 m/s)	MUITO ALTA
	ÁREAS DE RECARGAS (20)	NÃO	NÃO	NÃO	OCORRE
	DISTÂNCIA DE POÇOS E FONTES NATURAIS (21)	> 500 m			< 300 m
	DRENABILIDADE (22)	BOA	BOA	MÁ	MÁ
PROCESSO	EROSÃO (23)	NÃO	NÃO	OCORRE MUITO INTENSA	OCORRE INTENSA
	MOVIMENTOS DE MASSAS (24)	NÃO	NÃO	MÁ POTENCIAL	OCORRE
	DECLIVIDADE (%) (25)	2 - 5	< 2 % > 5	> 15 %	> 20 %
RELEVO	LANDFORM (26)	ENCOSTAS SUAVES		ESCARPAS	ESCARPAS
				ZONAS DE ACÚMULO DE ÁGUAS	
	DIVISOR DE ÁGUAS (27)	DISTANTE (200 m)	DISTANTE (100 m)	MUITO PRÓXIMO	COINCIDENTE
	ZONA ALAGADA (28)	NÃO	NÃO	NÃO	OCORRE
	ZONA SUJEITA A INUNDAÇÃO (29)	NÃO	NÃO	OCORRE TR-ALTO > 20 ANOS	OCORRE TR < 20 ANOS
CLIMÁTICOS	EVAPOTRANSPIRAÇÃO (30)	ALTA	MÉDIA	BAIXA	BAIXA
	DIREÇÃO DOS VENTOS (31)				PARA O CENTRO URBANO
	PLUVIOSIDADE (32)				CHUVA DURANTE LONGOS PERÍODOS

TABELA 28 Relação entre atributos e classes para algumas formas de disposição de resíduos.

CLASSES / ATRIBUTOS	LAGOAS			
	FAVORÁVEL	MODERADA	SEVERA	RESTRITIVA
(1) *			ARENITO	CALCÁRIO
			LITOLÓGICAS QUE SÃO AQUÍFEROS	
(2)	> 10	8 - 4	< 4	< 2
(3)	POUCAS	MÉDIA	MUITO FRATURADO	MUITO FRATURADO E COM ABERTURA
(4)	MÉDIA	MÉDIA	ARENOSO	MUITO ARENOSO
(5)	PROGRESSIVA	PROGRESSIVA	HOMOGÊNEO	HOMOGÊNEO
(6)	SEM MINERAIS TIPO 2:1	SEM MINERAIS TIPO 2:1	MINERAIS INERTES	MINERAIS INERTES
(7)	SOMENTE A GRANDES PROFUNDIDADES	RAROS E PEQUENOS	MUITOS A PEQ. PROFUNDIDADE	MUITOS EM SUPERFÍCIE
(8)	> 4	> 4	> 4	< 4
(9)				
(10)	> 15	5 - 15	< 5	< 2
(11)				SÓ QUANDO HOUVER OBRAS DE ALVENARIA
(12)	------	------	------	
(13)	BAIXA	BAIXA	ALTA	MUITO ALTA
(14)				COMO TRAÇADOR
(15)	BOAS	MÉDIAS	MÁ	MATERIAIS C/ ARGILAS EXPANSIVAS
(16)	> 7	> 4	< 4	< 2 m
(17)	1	1	2 OU 3	DIVERSAS
(18)	LAMINAR		LAMINAR ALTO	CONCENTRADO
(19)	< 10^{-4} > 10^{-5}	10^{-3} - 10^{-4}	> 10^{-3}	> 10^{-2}
(20)	NÃO	NÃO	NÃO	OCORRE
(21)				< 300
(22)	BOA	BOA	MÁ	MÁ
(23)	NÃO	NÃO	OCORRE INTENSA	OCORRE INTENSA
(24)	------	------	------	OCORRE
(25)	< 2	< 5	< 7	> 7
(26)			ESCARPAS E ZONAS DE ACÚMULO DE ÁGUAS	
(27)	DISTANTE (> 100 m)	DISTANTE (100 m)	MUITO PRÓXIMO	COINCIDENTE
(28)	NÃO	NÃO	NÃO	OCORRE
(29)	NÃO	NÃO	OCORRE	OCORRE
(30)	ALTA	ALTA	BAIXA	BAIXA
(31)				PARA O CENTRO URBANO
(32)				PERÍODOS CHUVOSOS LONGOS NO ANO

* Atributos numerados de acordo com a 1ª parte (Aterros Sanitários).

CLASSES / ATRIBUTOS	IRRIGAÇÃO / ESPALHAMENTO	
	FAVORÁVEL	RESTRITIVA
(1)*		
(2)	> 5	< 1
(3)		
(4)	MÉDIA	ARENOSO ARGILOSO (MUITO)
(5)	PROGRESSIVO	HOMOGÊNEO
(6)	PRESENÇA MINERAIS TIPO 2:1	MINERAIS INERTES
(7)	------	------
(8)	> 4	< 4
(9)		
(10)	> 10	< 2
(11)	------	------
(12)	------	------
(13)	BAIXA	MÉDIA ALTA
(14)		COMO TRAÇADOR
(15)		
(16)	> 5	< 2
(17)	------	------
(18)	LAMINAR (BAIXO)	OUTRAS INTENSIDADES
(19)	10^{-3} (PRÓXIMO)	< 10^{-2}
(20)	NÃO	OCORRE
(21)	> 300	< 300
(22)		
(23)	BAIXO POTENCIAL	MÉDIO E ALTO POTENCIAL
(24)	NÃO	
(25)	< 12	> 12
(26)		
(27)		
(28)	NÃO	OCORRE
(29)	TR > 20 ANOS	TR < 5 ANOS
(30)	ALTA	BAIXA
(31)	------	------
(32)		PERÍODOS CHUVOSOS LONGOS NO ANO

* Atributos numerados de acordo com a 1ª parte (Aterros Sanitários).

CLASSES / ATRIBUTOS	TANQUES SÉPTICOS			
	FAVORÁVEL	MODERADA	SEVERA	RESTRITIVA
(1)*				
(2)	> 4	< 3	< 1	< 0,5
(3)				
(4)	MÉDIA	MÉDIA	MUITO ARENOSO E/OU ARGILOSO	MUITO ARENOSO E/OU ARGILOSO
(5)	------	------	------	------
(6)				MINERAIS INERTES
(7)	PROFUNDIDADE > 3 m	PROFUNDIDADE < 2 M	EM SUPERFÍCIE	
(8)	> 4	> 4	> 5	< 4
(9)				
(10)	> 15	5 - 15	< 5	< 2
(11)	------	------	------	------
(12)	------	------	------	------
(13)	------	------	------	------
(14)				COMO TRAÇADOR
(15)	------	------	------	------
(16)	> 3	> 3	< 3	< 2
(17)				
(18)				CONCENTRADO
(19)	10^{-4} - 10^{-3}	< 10^{-3}	10^{-3} - 10^{-2}	> 10^{-2}
(20)	NÃO	NÃO	OCORRE	OCORRE
(21)	> 50	> 30	< 30	< 30
(22)	BOA	BOA	MÁ	MÁ
(23)	------	------	------	ACENTUADA
(24)	NÃO	DESDE QUE EXISTA POTENCIAL, PODE ACELERAR		
(25)	< 8	8 -15	> 15	> 15
(26)			ZONAS COM POSSIBILIDADE DE ACÚMULOS DE ÁGUA	
(27)				
(28)	NÃO	NÃO	NÃO	OCORRE
(29)	NÃO	NÃO	NÃO	OCORRE
(30)	ALTA	MÉDIA	BAIXA	BAIXA
(31)	------	------	------	------
(32)				

* Atributos numerados de acordo com a 1ª parte (Aterros Sanitários).

CLASSES / ATRIBUTOS	FOSSAS			
	FAVORÁVEL	MODERADA	SEVERA	RESTRITIVA
(1)*				
(2)	> 8	< 8	< 5	< 4
(3)				
(4)	MÉDIA	MÉDIA	ARENOSO	MUITO ARENOSO E/OU ARGILOSO
(5)	PROGRESSIVA	PROGRESSIVA	HOMOGÊNEO	HOMOGÊNEO
(6)	PRESENÇA MINERAIS TIPO 2:1			MINERAIS INERES
(7)	PROFUNDIDADE > 5 m	PROFUNDIDADE < 3 m	PROFUNDIDADE < 2 m	EM SUPERFÍCIE
(8)	> 4	> 4	> 5	< 4
(9)				
(10)	> 15	5 - 15	< 5	< 2
(11)	------	------	------	------
(12)	------	------	------	------
(13)				
(14)				COMO TRAÇADOR
(15)				
(16)	> 5	> 4	< 3	< 2
(17)				
(18)				CONCENTRADO
(19)	10^{-4} (PRÓXIMO)	10^{-4} - 10^{-3}	10^{-3} - 10^{-2}	> 10^{-2}
(20)	NÃO	NÃO	OCORRE	OCORRE
(21)	> 50	> 30	< 30	< 30
(22)	BOA	BOA	MÁ	MÁ
(23)	------	------	------	ACENTUADA
(24)	NÃO	DESDE QUE EXISTA POTENCIAL PODE ACELERAR		
(25)	< 8	< 12	12 -15	> 15
(26)			ZONAS COM POSSIBILIDADE DE ACÚMULO DE ÁGUA	
(27)				
(28)	NÃO	NÃO	NÃO	OCORRE
(29)	NÃO	NÃO	NÃO	OCORRE
(30)	ALTA	MÉDIA	BAIXA	BAIXA
(31)	------	------	------	
(32)				

* Atributos numerados de acordo com a 1ª parte (Aterros Sanitários).

- Não estipula classes e limites mínimos e máximos para nenhum parâmetro, ficando os mesmos aos cuidados da equipe que irá executar o mapeamento.

- As formas de apresentação dos documentos são mais simples, e atendem melhor aos propósitos do mapeamento geotécnico.

- A análise dos componentes do meio físico fundamenta-se principalmente em aspectos qualitativos (informações semânticas e pragmáticas).

2.3. Metodologia P.U.C.E.

. A proposta foi desenvolvida a partir do levantamento das feições geomórficas, encontradas e mapeáveis em qualquer tipo de meio físico; todavia, as condições existentes são válidas para à Austrália.

. É a metodologia mais completa para a avaliação do meio físico, pois apresenta diretrizes desde a escolha dos atributos, seus limites, classificações dos terrenos, formas de aplicação e banco de dados.

. É possível aplicá-la em regiões de extensões variáveis, em função das características das classes de terreno (província, modelo, unidade e componente).

. O sistema de nomenclatura de cada classe de terreno é bastante simples e representa adequadamente as variações dos atributos.

. A metodologia permite que trabalhos de detalhes sejam executados sem a necessidade de gastos onerosos.

- A sua aplicação tem como inconveniência o fato de que a definição das unidades se baseia em atributos que nem sempre estão diretamente ligados aos propósitos do trabalho.

- Para o entendimento dos documentos produzidos, exige-se dos usuários um mínimo de conhecimento técnico.

- Para a aplicação desta metodologia no Brasil, é necessário adequar os limites dos atributos, de maneira que fiquem compatíveis com as variações do meio físico. Para a escala 1:250 000 ou menores, esta metodologia é muito eficiente em termos de custos, tempo e resultados técnicos, (documentos produzidos para fins de planejamento).

2.4. Metodologia da Inglaterra

- É uma das metodologias mais completas, apresentando informações de todas as fases necessárias a sua aplicação (princípios, objetivos, atributos , observações, classificações, simbologia e documentos produzidos).

- É recomendada para escalas maiores que 1:25 000 , como ocorre na Inglaterra e nos outros países da Grã-Bretanha.

- A metodologia apresenta diversas maneiras de obtenção e classificação dos atributos que podem ser utilizadas por países que reunem condições semelhantes às do Brasil (Fotointerpretação, geofísica e equipamentos alternativos).

- Esta metodologia junto com a Francesa, serviram de base para outras metodologias, tal como a da I.A.E.G.

- A sua aplicação, na íntegra, no Brasil é praticamente impossível, somente sendo viável a adoção de algumas de suas classificações.

2.5. Metodologia da Espanha

- É bastante abrangente, possibilitando a elaboração de mapeamentos geotécnicos em escalas entre 1:250 000 e 1:2 000.

- A sua elaboração foi baseada em outras metodologias já existentes, disso resultando sua alta eficiência.

- A metodologia utiliza principalmente em informações qualitativas, sendo os terrenos classificados em categorias com limites pré-definidos (boa, favorável, etc...).

- A aplicação desta metodologia está intimamente ligada aos órgãos públicos de planejamento.

- Apesar de ser bastante completa, não apresenta os limites, os meios de obtenção e as formas de análise e avaliação dos atributos que compõem o meio físico.

- A sua aplicação, na íntegra, é praticamente impossível face às características intrínsecas que apresenta, porém sua estrutura básica pode servir de base a outras metodologias, por ser muito ampla em termos de escalas e atributos considerados. A forma proposta de elaboração do mapa geotécnico básico e bem como os atributos considerados, são suas partes que melhor atendem às nossas condições.

2.6. Metodologia Russa

- Baseia-se em atributos qualitativos e em classes taxonômicas (região, zona, etc). Para a aplicação do

critério da análise da paisagem é necessário que o meio físico seja o mais natural possível, ou seja, não tenha sofrido interferência antropogênicas acentuadas.

- Os mapeamentos geotécnicos são elaborados para utilização nos planejamentos das diversas formas de ocupação. Os mapas denominados de "Série Solos" são muito utilizados para fins de locação das obras de engenharia civil.

- Parte dela, foi incorporada à metodologia da COMECON, que é a utilizada pelos países do Leste Europeu.

2.7. Mapeamentos de Áreas Instáveis
(metodologias ZERMOS e de HINOJOSA-LEON)

- A metodologia Zermos é mais voltada às áreas onde já ocorreram movimentos de terrenos. A de Hinojosa Leon foi elaborada para extensões maiores, visto que o objetivo inicial é servir aos projetos de estradas em áreas com altas declividades (> 15%).

- A Zermos está baseada em um grupo de observações pré- definidas, em forma de um questionário.

- A de Hinojosa- Leon, apoia-se em atributos de fácil observação e portanto sua aplicação não exige gastos onerosos.

- A Zermos apresenta problemas em ser adaptada às condições do Brasil por exigir trabalhos prévios em escalas menores e estar mais voltada para resolução de problemas em áreas específicas, sempre em escalas maiores que 1:10 000.

- A metodologia de Hinojosa-Leon pode ser adaptada mais facilmente, principalmente por ter como objetivo a prevenção e não a resolução de problemas. É possível aplicá-la em escala próxima a 1:25 000, assim como adaptá-la, com as seguintes modificações:

  - Em alguns atributos e seus limites;

  - nas caracterizações dos níveis de riscos;

  - na forma como utilizar os documentos produzidos.

2.8. Sistemática de Mathewson e Font

- A proposta apresenta um rol de documentos que devem ser produzidos por mapeamentos geotécnicos.

- Os documentos citados pela metodologia devem ser analisados em conjunto, porque representam grupos de atributos. Os documentos de 2a. ORDEM podem ser suprimidos, pois devem fazer parte dos de 3a ORDEM.

- A proposta não apresenta informação sobre os atributos que devem ser considerado em cada documento, nem como ou onde obtê-los.

2.9. Metodologia Kiefer

- Considera poucos atributos, mas o suficiente para avaliar as condições dos terrenos quanto à instalação de núcleos residenciais.

. É uma metodologia muito eficiente devido a hierarquização dos atributos para a definição das unidades dos terrenos.

2.10. Outras Metodologias

. As metodologias de N.Jersey, Brink e a de " Série de Solos" (russa) são muito semelhantes e nelas a delimitação das unidades dos terreno é feita por meio de foto interpretação e trabalhos de reconhecimento em campo.

. A metodologia de Hong Kong é muito específica e aplica-se em escalas muito grande (< 1:5 000),não havendo possibilidade de sua adaptação ao País.

. A proposta de Froelich et alii propõe a análise dos terrenos para fins de ocupação residencial, através de atributos referentes ao material inconsolidado e rochoso, declividade e formas geomórficas. A forma de análise e apresentação das características de cada porção do terreno é feita através da proposta de Van Driel (1979).

- As metodologias Ontário (a e b) e a Suíça são elaboradas para finalidades específicas e os atributos considerados são poucos e com validade apenas para a região ou local.

- A metodologia A.R.D.A. é voltada ao planejamento agropecuário e não considera atributos de interesse para a geotecnia. O sistema de armazenamento de informações é muito eficiente, tendo servido de base a outras metodologias.

. A metodologia proposta por M. Humbert é muito interessante, porque considera atributos sociais, além dos de interesse na avaliação dos terrenos para fins de implantação residencial e industrial.

II- 2 BANCO DE DADOS

1- FUNDAMENTOS

O ambiente geológico (meio físico) pode sofrer alterações antropogênicas, principalmente devido aos diversos fatores que provém do crescimento populacional e de suas necessidades, tais como mineração, água, construção civil, etc. Qualquer que seja a mudança, sempre haverá variações na paisagem e existirá uma relação entre o homem e o meio físico, consequentemente envolvendo os seus atributos e exigindo o conhecimento da interação entre a geotecnia e o "ambiente". Por ser muito grande o número de situações a serem analisadas, exige-se uma ferramenta que seja polidirecional e multi objetiva. Esta necessidade permitiu a evolução dos mapas geotécnicos que caracterizam-se como a melhor ferramenta em termos das interações entre a geologia, a mecânica dos solos, a hidrologia e as outras ciências, tornando possível a análise global do meio físico.

2- PRINCÍPIO DE UM SISTEMA DINÂMICO PARA OS MAPAS GEOTÉCNICOS

1- ESTOCAGEM

O banco de dados deve conter todos os tipos de informações que estejam nos documentos, e o acréscimo de novas informações deve levar a novas reimpressões dos documentos. Deve-se ter o cuidado para que o banco de dados seja adaptável às escalas gerais e urbanas e o uso de fichas de dados geotécnicos é um das mais adequadas formas de estocagem básica, pois permite um infinito número de possibilidades de extração e de tratamento das informações.

O tratamento deve ser efetuado sobre dados codificados numericamente, escolhendo um sistema de entrada e de codificação automática, adaptada à máquina que

está sendo utilizada.

2- TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES

Os dados podem ser tratados de maneira:

a- Estatística

Trata-se as informações normalmente geotécnicas numéricas, sem considerar as suas coordenadas espaciais.

Usa-se o tratamento estatístico clássico, como: regressões e correlações, sendo possível elaborar análise multi variável, análise fatorial e outras.

São essencialmente adaptadas a escolha e a particularização geotécnica das fáceis superficiais não estratiformes, cuja classificação somente é possível dentro de um espaço multiparamétrico.

b- Geoestatística

Trata os mesmos tipos de informações, mas levando em conta suas coordenadas espaciais.

Estes métodos não são adaptáveis às formações estratiformes e bem como às formações com relação aleatória como acontece com as superficiais.

Para resolver o problema de cartografia das formações estratiformes (cartas de isohipsas e de isopacas), é determinada uma superfície contínua através de uma rede de pontos, para a qual Mallet sugeriu as técnicas de interpolações polinomiais (polinômio de Tchebichev), de interpolação do "u" médio quadrático (Mallet, 1974) e de filtros auto-regressivos.

A cartografia de formações superficiais tem sua dificuldade aumentada em função da complexidade espacial, porém, formações lenticulares só podem ser tratadas como contínuas se a densidade de informações for grande. Se esta situação não ocorrer, é necessário aplicar as técnicas de análise multivariável para realizar o reagrupamento das " fáceis geotécnicas ", representando as combinações de vários fatores. Para formações muito heterogêneas e aleatórias, (Thomas, 1973) defende a idéia de obter e cartografar a probabilidade de transição, que é importante na análise das campanhas de reconhecimento pontuais.

Um dos maiores problemas que ocorre com o manuseio dos dados, são os métodos que existem para a sua interpretação, avaliação e utilização.

Para que estes métodos atinjam seus objetivos é necessário respeitar 2 preceitos básicos:

- Existir uma terminologia precisa, embasada cientificamente, assim como uma avaliação concreta das informações que estão registradas nos documentos;

- existência de classificações quantitativas e semi quantitativas dos atributos ligados aos fenômenos em questão, devendo esta ser eficiente para diminuir a subjetividade dos documentos. Devido à diversidade dos dados existentes, a avaliação e a classificação é mais complexa que a investigação local, e o melhor auxílio no sentido de estocar e restaurar dados, é o banco de dados computadorizado.

Para que seja utilizado o sistema computadorizado,as informações primárias devem ser formalizadas de maneira eficiente, com base numa análise quantitativa e em regras precisas e padronizadas. Esta formalização dos dados primários sempre traz muitos proble -

mas, devidos às diferentes maneiras de se obter informações, o que torna necessária uma padronização de formulários para cada atributo ou grupo de atributos, devendo-se preparar e seguir manuais específicos para cada situação. As informações podem ser usadas por profissionais de diversos campos e não só da geotecnia, podendo ser processadas por diversos programas especializados, vindo a produzir diferentes tipos de documentos, tais como: mapas de ponto, tabelas de dados e mapas e cartas as mais diversas.

Os bancos de dados representam um grande avanço na elaboração dos mapeamentos geotécnicos, todavia, para a sua implementação exige-se um direcionamento dos órgãos públicos ou privados.

3- VANTAGENS E DESVANTAGENS

Pode-se observar algumas vantagens obtidas com a automatização computadorizada (Thomas, 1974):

- Fornecimento rápido de informações sobre os diversos atributos mapeados;

- adaptação da escala à densidade de informações existentes;

- menor subjetividade das informações;

- estimação das incertezas entre a escala adequada e a real;

- reedições a qualquer época, já com as novas informações acrescentadas;

- preservação dos dados, evitando-se que sejam usados por pessoas não qualificadas;

- possibilidade ilimitada de acoplamento de novos sistemas de tratamento, representação e interpretação.

COMO DESVANTAGENS, cita-se:

- Necessidade de profissionais ligados a área de programação;

- o controle do banco de dados deve pertencer a um órgão público, ligado a uma política de fiscalização e a um sistema de manutenção;

- necessidade de que o sistema de informação deva ser padronizado e coordenado pelo mesmo órgão público responsável pelo banco de dados;

- não é decisivo quando se faz necessário considerar subjetividade;

- infra-estrutura cara, face ao grande investimento relativo ao equipamento computacional de maior complexidade;

- a análise de uma situação específica é realizada de maneira muito simplista, por computador, comparativamente aceita pelo homem.

4- PRINCIPAIS BANCOS DE DADOS

Após rápida análise, pode-se relacionar os bancos de dados mais conhecidos:

- Sistema GEOSYS (CRIPPS)
- Banco cidade de Rouen
  a- Sistema FIDGI
  b- Programa VERCORS

EESC-USP Biblioteca CAMPUS DE S. CARLOS

- Sistema GEORET
- Sistema TWEGS
- Banco automático (TYNE e WEAR)
- Banco de dados TCHECO
- Banco de Boone Country - Indiana (HASAN e WEST)
- Sistema do Ponts et Chaussées
- Banco de dados Geotécnicos (Hungria)
- Sistema GEOSHARE
- Programas Aplicados em GRENOBLE

1- SISTEMA GEOSYS (CRIPPS)

É um grupo de programas que estocam, processam e restauram dados geotécnicos. O Sistema foi desenvolvido por Cripps (1979), na Universidade de Durham, Inglaterra, para processar a leitura de dados de sondagens, a estocagens de dados nos arquivos do computador, a verificação de erros como também testar as unidades dos dados e proceder o retrabalhamento dos dados selecionados para o "out put".

Diversos tipos de dados podem ser tratados, tais como os de investigações locais (sondagens, ensaios) que possam ser colocados no formato e processados pelo sistema.

Um breve fluxograma pode ser observado na figura 31.

Este sistema é dividido em 3 partes, como observado na figura 32, referentes à opção de especificação, à estocagem e à restauração dos dados, cada parte compreendendo uma série de programas que executam várias sub rotinas.

Na tabela 26, pode-se observar as funções de cada programa dentro do sistema geral.

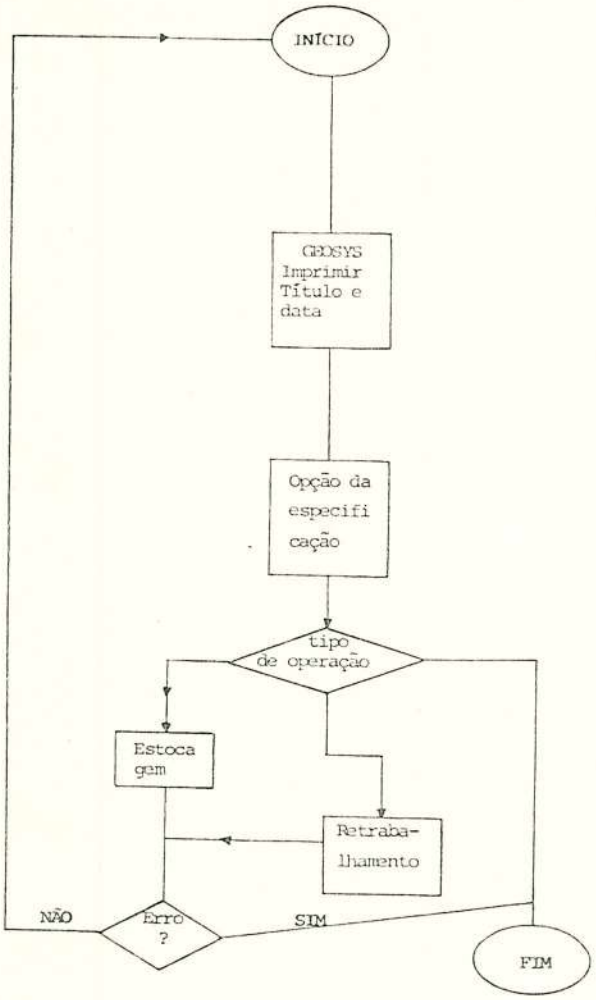
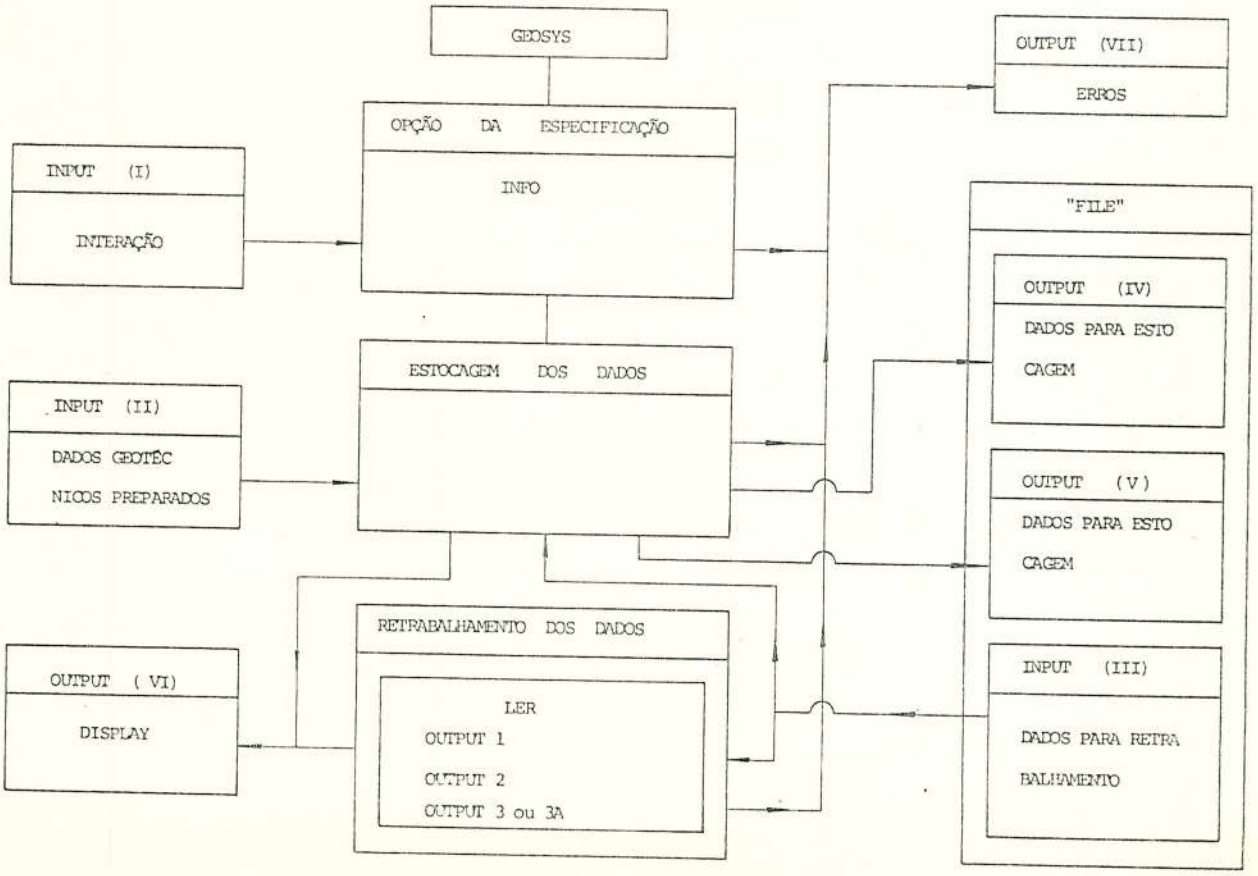


TABELA 31: OPERAÇÃO DO GEOSYS

PROGRAMA	FUNÇÕES
INFO	Detectar erros devido a inconsistência do INPUT
WEST	Ter respostas interativas das questões do "option Specification"
CKECK	Contagem das relações que ocorrem com o "option Specification"
SWAPI	Troca os valores para o "nitegers"
SWAPL	Troca os valores para os pontos numerados flutuantes
STORE	Lê dados INPUT para estocagem
READ	Lê dados da estocagem e transfere para atender o "option Specification"
OUTP 1,2,3	Recebem dados diversos do "Read" e realimentam o usuário

TABELA 26: FUNÇÕES DOS PRINCIPAIS PROGRAMAS QUE COMPÕE O GEOSYS

FIGURA 32: ORGANIZAÇÃO E CANAL DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS DO GEOSYS



A operação deste sistema consiste em analisar cada fase do programa geral, utilizando-se de números que representem cada fase do trabalho, onde " 0 " (zero) significa final da execução, o " 1 " processamento de novas informações, " 2 " retrabalhamento dos dados armazenados e " 3 " conversão de medidas das unidades SI para a Imperial. A sequência de formação do banco de dados, obedece um sistema, onde os dados só entram na fase de estocagem após terem passado pela fase de opção das especificações, que dá o sinal livre quanto à padronização a fim de que sejam estocados. O mesmo processo deve ocorrer na estocagem para que os dados possam ser restaurados e fornecerem os "out put" desejados. Se estes dados possuírem uma "grade" de coordenadas, servirão de "base" para a realização dos mapas geotécnicos.

Este sistema permite acoplar programas que possibitem o armazenamento de mapas nas diferentes formas para que sejam confeccionados automaticamente.

2- BANCO DA CIDADE DE ROUEN

Desde 1969, o L.R.P.C. de Rouen vem se preocupando com a realização de mapeamentos geotécnicos, culminando com necessidades mais específicas no ano de 1977, quando aproveitou para utilizar o Sistema FIDGI (Fichier de données Geotechniques Informatique - Eng. Geol. Data File). Através do uso deste sistema, associado com outro semi-automático (interativo) "VERCORS", foi possível elaborar o mapa desejado da cidade de Rouen.

2a SISTEMA FIDGI

É um sistema específico para administrar e processar dados geotécnicos; admitindo dados de sondagens ou de situações similares com o

registro da localização geográfica, das posições estratigráficas, dos ensaios realizados no local e materiais amostrados, álem de outras informações que acompanham as sondagens.

Das operações de processamento obtém-se: a impressão das informações por sondagem e por tipo de informação, a preparação da estatística básica, a impressão de histogramas e de diagramas de dispersão, assim como plotam níveis de interesse, profundidades, espessuras de camadas e elabora automaticamente mapas, fornecendo-os através da impressora. O sistema funciona com a operação de dois "File", ou seja, da sondagem, considerado de volume médio (até algumas dezenas de milhões de "bytes") e chamado "File" de acesso direto.

O "File" de acesso direto, contém a tabela de seleção, que controla o acesso direto ao "File" das sondagens. É também chamado de "File" sequencial, é de pequeno volume (centenas de "K bytes"). Cada sondagem ou similar é representada por um comprimento variável, que constitue a unidade de processamento. Os programas são em FORTRAN e operam em CII-IRIS80, IBM 360 (-370) e C.D.C. 6600 (-7600).

Este sistema possui informações pontuais marcadas por coordenadas e pertencentes a diferentes níveis de profundidade, o mapeamento geotécnico automático obtido destas informações reflete o que melhor representam estes dados. Para o funcionamento, adotaram-se métodos derivados da teoria das funções ao acaso (Matheron).

2b PROGRAMA VERCORS

O programa foi criado pela "Intercity link Division" da "Setra" (Service d'estudes techniques des routes e autoroutes), para o estudo de grandes estradas, sendo usado normalmente para processar dados geológicos. É um programa voltado para estocar, selecionar e representar, em mapas dados tão diversos quantos os obtidos pelas sondagens mapas topográficos, mapas geológicos e outros.

O sistema constrõe automaticamente perfís, que podem ser organizados em uma rede, sendo controlados pela distribuição das informações e das situações de interesse, sendo que as diversas variações são determinadas por símbolos próprios. Diversas vantagens sobressaem da ação interativa, como:

- Existência de uma relação máquina/homem para seleção, assim como para a análise;

- possibilidade de acrescentar, nos perfís, gradações as quais não foram possíveis detectar através da lógica dos programas;

- análise em 3 dimensões pela relação entre os perfís e os mapas, tendo desta maneira noções da organização espacial dos materiais.

O programa arquiva e processa dados orográficos e geológicos, traçando mapas na escala 1:50 000, através da digitação de linhas de contornos.

O programa é composto por módulos e cada um tem uma função, sendo desenvolvido em linguagem Fortran e operado em IBM 370-158 e IBM 2250.

Os mapas resultantes deste 2 grupos de programas podem apresentar bons resultados desde que chequem certos pontos, para certificar-se da precisão das informações.

3- SISTEMA GEORET (VENETIA - ITÁLIA)

O sistema compreende um grupo de programas com linguagem ALCOL, utilizando um minicomputador " Nova " com memória de 64 k bytes, uma unidade de disco (5m-bytes) e um terminal videográfico.

Os programas permitem o "in put", a correção, o cancelamento e algum retrabalhamento (restauração). Trabalham com áreas que possuem determinadas razões entre os lados, assim como uma escala. Pode-se observar, na figura 33, que é possível localizar o ponto no vídeo e obter as suas características, tais como: tipo de sondagem, materiais e suas características.

Todos os dados são fornecidos no vídeo e através de impressora.

4- SISTEMA TWEGS
(Tyne and wear Eng. Geol. Survey)

Este sistema foi baseado nos seguintes princípios:

- A formação de um banco de dados com informações geotécnicas e outras de interesse à ocupação do meio físico;

- compilação de mapas derivativos e memórias interpretativas;

- investigação de problemas específicos de geotecnia relacionados a localidade de Tyne e Wear (Inglaterra)

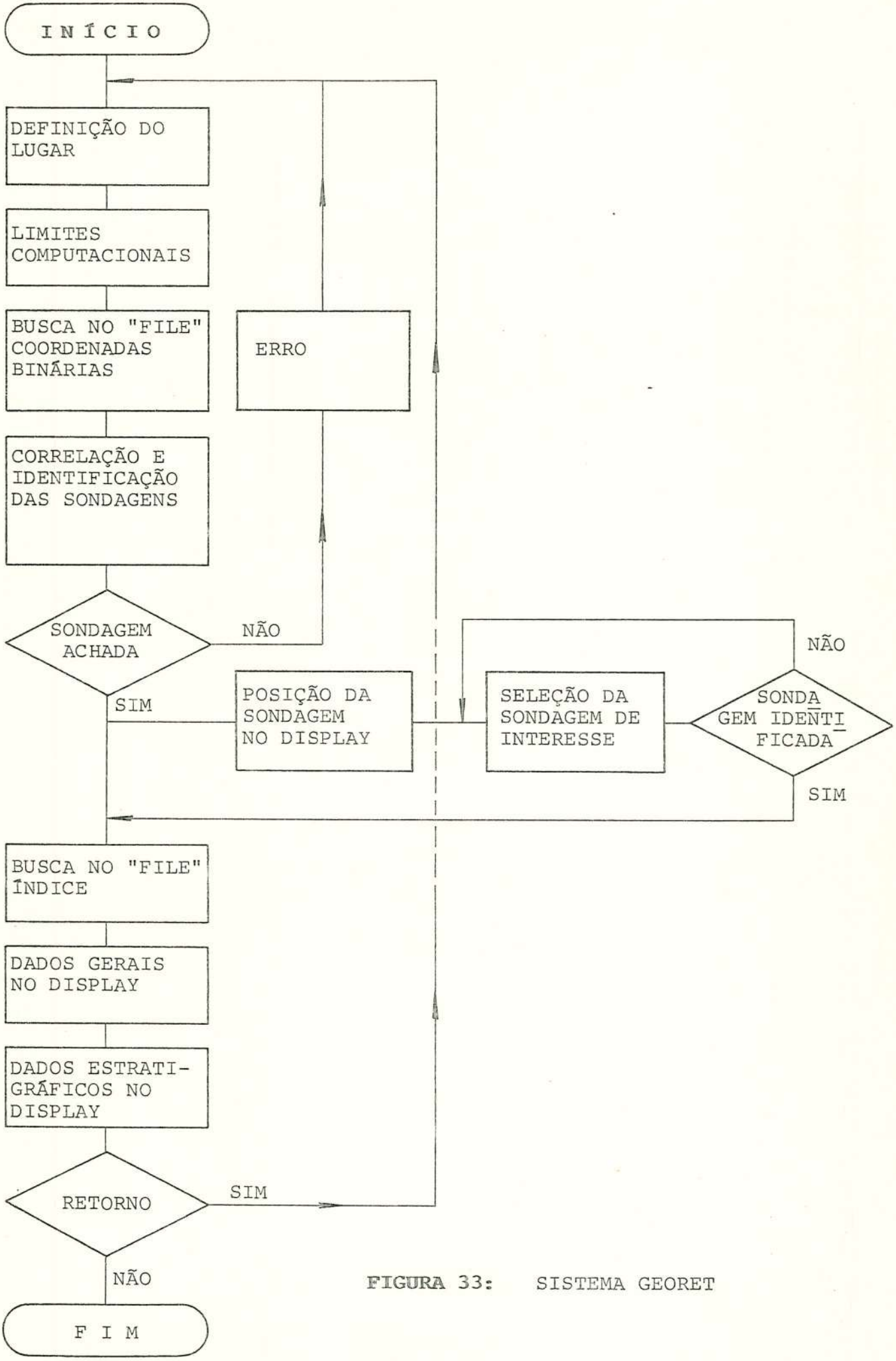


FIGURA 33: SISTEMA GEORET

O sistema apresenta as seguintes características:

- Fácil estocagem e retrabalhamento das informações;

- baixo custo, e

- facilidade de uso do sistema de dados.

Scott (1976), foi o responsável pelo esquema inicial de classificação e arquivamento dos dados.

Inicialmente os dados foram guardados em fichas de papel e atualmente estão estocados em microfilme. O sistema de dados é baseado em coordenadas geográficas das folhas 1:10 000 e o banco utiliza-se de um sistema de extrapolação de dados de um ponto investigado para áreas ao redor através de um processo denominado indexador - cruzado.

Os dados são estocados em 2 grupos:

1º O banco de dados, com os dados brutos estocados em microfilmes.

2º Informações complementares e outros documentos que mostram a distribuição espacial das informações.

Pode-se observar, na figura 34, o fluxugrama do banco de dados, assim como os 3 tipos de informação que são admissíveis. O programa geral baseia-se num mapa "index" dividido em áreas de 1 km^2, denominado de "Intro-sheet".

Cada "Intro-sheet" ou "index sheet" fornece dados relativos às informações gerais (nº, título, etc...) e além disso são usados no processo de "indexação cruzada".

Inicialmente, foram testados três tipos de sistemas para estocagem: computador, microfilme e fotocópias dos dados iniciais, adotando posteriormente o programa de microfilme por ocupar menos espaço, ser mais barato, mais rápido, etc. Um ponto importante é a estocagem dos dados brutos no seu formato original. A vantagem do microfilme sobre o computador deve-se ao custo, à rapidez em arquivar os dados (principalmente tabelas e diagramas), à segurança em relação a acidentes (negativos em caixas seguras).

Todas as informações são registradas pontualmente em plantas denominadas de "informativas", podendo ser de sondagens, de campo, etc.

A planta pode ser em escala definida para o caso, porém ao usar as informações deve-se adotar uma escala compatível com o número de informações. Cada informação pontual é representada por um símbolo relativo à profundidade, tipo de material atingido, ensaios realizados e outros e por um conjunto de letras e números relativos às 3 situações seguintes:

1- Número da folha básica na escala 1:10 000 do "ordinance survey", relativo ao arquivo básico no caso a região NZ 26 NE.

2- Número índice do relatório (ex: 15)

3- Número da sondagem (ex: 4)

Normalmente, só as 2 últimas situações são usadas, (15/4) e quando existir o número relativo a folha do "ordinance survey", o prefixo (NZ) normalmente não é usado, ficando só 26 NE.

REPRESENTAÇÃO

26NE 15/4

significa que a observação ou sondagem só atingiu material superficial

26NE folha

15 índice do relatório

4 número de sondagens

Resumindo, a estrutura do banco de dados, é a seguinte:

1º Microfilme
2º Planta informativa

FIGURA 34: - ESTOCAGEM PRONTA - SISTEMA "TWEGS"

COLETA DE INFORMAÇÃO

TRABALHO INTERPRETATIVO (Relatório, Mapas, Memoriais	TRABALHO CAMPO (Mapeamento de superfície, Geofísica, Fotogeológica)	INFORMAÇÕES PRÉ-EXISTENTES (Relatório de investigações locais, Literatura, Mapas e Outros Arquivos)
	COMPLETO	
	INTRO - SHEET	Inspeção, se possível obter, cópia
Entender local das informações do INDEX MAP.		Microficha
		Literatura local ou microficha em arquivo

Colocar dados pontuais em 1:2 500 ou 1:10 000

OVERLAY

3º Estocagem completa no banco de dados

O sistema é simples, e eficiente, não muito caro e pode ser realizado por profissionais não ligados a área computacional.

5- BANCO DE DADOS AUTOMÁTICO (Situação urbana)

Sistema aplicado também na região de Tyne e Wear, para escalas maiores que 1:25 000. O seu uso permite a estocagem e o retrabalhamento seletivo das informações geotécnicas, auxiliando na preparação de mapas e plantas. O processo baseia-se nos seguintes princípios:

1- Reduzir e padronizar a interpretação dos dados usados na compilação do mapa.
Isto envolve um resumo das condições geotécnicas das unidades de áreas selecionadas, no caso 100 m x 100 m, caracterizando o primeiro passo do trabalho.

2- As situações resumidas foram estocadas em cópias duras ou microfilmes, num sistema eficiente para que a recuperação dos dados, quando necessário, seja rápida, assim como o retrabalhamento.

3- Deve-se realizar uma avaliação rotineira dos dados estocados, assim como dos mapas produzidos.

4- Com a preparação ou revisão dos mapas publicados, faz-se quando possível um mapa piloto, pode-se observar novos contrastes zonais, assim como testar outras situações.

5- A distribuição dos dados pontuais e amostragens inadequadas pode resultar em distorções possí - veis de serem controladas no mapa.

Um número grande de pontos geotécnicos e limites associados, formam um emaranhado que deve ser eliminado, mas para que os princípios acima sejam obedeci - dos, é necessário manter os seguintes limites durante a implementação:

a- As áreas de 100m x 100m, que formam a base do processo, devem ser relacionadas ao sistema nacional de mapas.

b- Existe um número limite de dados que pode ser mostrado num mapa (Varnes, 1974).

c- Estas unidades de área selecionadas, tem função de localização, para um documento.

d- O número de unidades litológicas e de dados associados nunca podem ser exagerados e nem poucos, de maneira que estejam fora dos limites adequados do trabalho.

e- O tamanho da área escolhida pode reduzir significantemente a densidade de dados pontuais brutos.

A folha inicial escolhida para o trabalho piloto foi a NZ 2564 do "Ordinance Survey".

APRESENTAÇÃO DOS DADOS DE "INPUT"

Em um sumário, registra-se as informações de superfície e subsuperfície, tais como: litológicas e geotécnicas de cada área de 100m x 100m, preparadas para o

armazenamento em computador.

Este sistema funciona com 2 programas, um para estocagem dos dados geotécnicos e outro que questiona uma rotina de informações e prepara uma matriz diagrama, desenvolvidas em linguagem FORTRAN IV.

Todos os dados são colocados em 2 cartões, um com 76 espaços e o outro com 77 espaços.

O primeiro traz informações sobre litologias presentes e problemas perigosos, o outro traz informações geotécnicas sobre os materiais.

O preenchimento destes cartões é feito com base em tabelas que possuem códigos para cada feição geotécnica ou parâmetro de interesse.

1º CARTÃO

1 a 6	Coordenadas do canto S.W. adotada da área básica em questão.
7 a 13	Altitude média da área básica em metros, com precisão de duas casas decimais
14 a 20	Relativo a litologia encontrada, existe 8 espaços de 7 casas para os diferentes materiais, as casas de 14 a 69 são para este fim.

Exemplo:

14	15	16	17	18	19	20
S						

14- Litologia (simbolo), uma única letra (S —— Sand)

15-16-17-18-19 Para a espessura da camada, incluindo ponto decimal

20 Para uma sub feição ou uma litologia subordinada (G —— GRAVEL

Este exemplo serve na orientação das outras 8 unidades.

70 - 72 Situações perigosas, desastrosas

73 - 76 Os 2 primeiros espaços devem representar o número de sondagens que ocorre na área básica e os 2 últimos as sondagens que atingiram o topo rochoso.

2º CARTÃO

1 - 6 Como no caso anterior as coordenadas....

7 - 14 São colunas para representar propriedades índices (espaços entre 7-70), cada conjunto de espaços refere-se a 4 campos de 2 espaços. Os 2 primeiros espaços para a unidade média, o segundo par para o LL médio, o terceiro par para o LP médio e o quarto par para o peso específico. Estas propriedades foram escolhidas por serem de fácil obtenção e por não necessitarem de equipamentos complexos.

71 - 78 Informações sobre o topo rochoso, onde os 2 primeiros espaços refere-se ao tipo de rocha e os outros 6 sobre outras informações de interesse.

ANÁLISE DOS DADOS ESTOCADOS

Foi elaborada uma relação de questões, em que uma sub rotina realiza as interrogações para cada área básica, que compõe a região em estudo.

Questões (Rotina):

1º Tipo símbolo "certo" - sempre por 1 ou 2 caracteres, assim como LL (ou L) se o material questionado existir e L_2 (ou 2) se existir em mais de uma posição.

2º Tipo do símbolo em "falta" - é respondido por um caracter (*, ·), quando as condições não são satisfeitas.

3º Tipo de coordenadas referenciais - é respondido por 4 caracteres numéricos do canto SW da área em questão.

4º Tipo tamanho da área em questão - sempre 1 algarismo numérico, que representa um tamanho específico pré-determinado.

5º Tipo situação na subsuperfície da camada - 1 número de 0 a 8 e sempre com ordenação pré definida

6º Tipo feição registrada - "S" para areias, "G" para seixos e (*, ', o) símbolos se não não satisfeitas.

7º Tipo subfeição requerida semelhante ao 6º.

8º Tipo espessura da camada é respondido por 2 números separados por 1 espaço e o menor número sempre primeiro (03-12) - ou seja a camada é mais espessa que 3 e menos que 12 m.

9º Tipo altitude da camada acima do Nível Médio dos Mares - respondido por 2 números, separados por 1 espaço (25-40), interpretado como o caso anterior.

10º Tipo profundidade da camada abaixo da superfície - como a 8º e 9º.

11º Tipo material logo acima - é também respondido por um único código (*, ', o) se for negativa e por um símbolo característico da camada superior (S - Sand) se positivo.

12º Tipo o que está abaixo - semelhante a 11º.

13º Tipo unidade do material - respondido por 2 números separados por um espaço como a 8º.

14º Tipo limite liquidez - como 13º

15º Tipo limite plasticidade - como 13º (valor médio para a camada).

16º Tipo densidade - valor médio - como 13º

EXEMPLO DE UMA ROTINA

1- SS - S se satisfeita para base

2- * - Para área base se não satisfeita

3- 2564 - Para o canto SW da área em questão

4- 2 - Para tamanho 2km x 2km

5- O - Camada não especificada

6- S - Para feição pesquisada for areia

7- V - Espessura variável para subfeição pesquisada

8- 5-12 - Espessura da camada entre 5 e 12 m

9- 20-35 - Altitude superior a 20m e inferior a 35m

10- 02-09 - Camada com profundidade maior que 2m e menor que 9m

11- L - Camada argila laminada acima da areia

12- * - Camada não especificada abaixo da areia

13- 15-20 - Unidade entre 15 e 20%

14- 40-50 - Limite de liquidez entre 40 e 50%

15- 25-30 - Limite de plasticidade entre 25 e 30%

16- 2.01-2.25- Densidade entre 2.01 - 2.25

Como exemplo tem-se uma área de 1 km^2, figura 35, de CORNER SW - 2564 (Tyne e Wear), o 1º exemplo refere-se a existência de uma camada de argila laminada. Primeiramente monta-se a matriz com símbolos onde cada símbolo representa uma área básica (100m x100m) e que será colocada sobre o mapa básico.

```
......LLL.———▸   Condição não satisfeita
.....LLLL.———
.LL..LLLLL———▸   Condição de existência
.....LLLL2———▸   Condição de existência de 2 —— camadas separadas

LLL.LLLLL2
LL...LL.LL
..........
LL.2......
..........
```

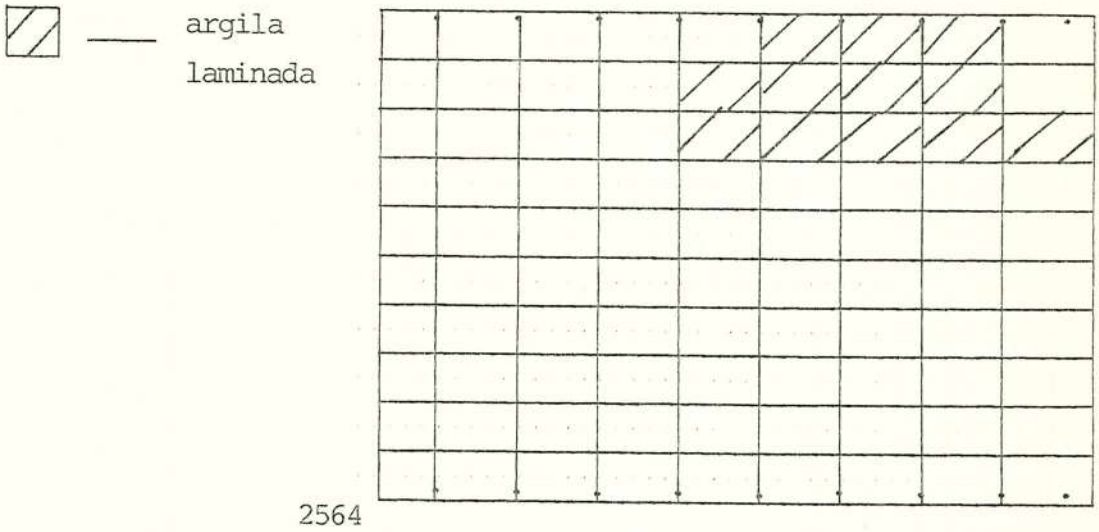


FIGURA 35: EXEMPLO DE MAPA DO BANCO DE DADOS AUTOMÁTICO (TYNE E WEAR)

O 2º exemplo é um mapa para profundidade de 5 metros

MATERIAIS POSSÍVEIS

F	- FILL (aterro)
B	- UPPERTILL
S S	- SAND E GRAVEL (areias e seixos)
L	- ARGILA LAMINADA
G	- SEIXOS (GRAVEL)

MATRIZ

```
F.FF......   .B........ .......... ......LLL.  ....GG...G
.        .
.        .
.        F
.        .
.        .
.        .
.        .
.        .
...F......
```

A análise para os mapas em diferentes profundidades segue o mesmo esquema dos casos anteriores

6- BANCO DE DADOS TCHECO

É baseado num conjunto de programas, que realizam , para cada fase do processo, a obtenção dos dados sua estocagem, retrabalhamento e representação.

Normalmente pode atender a realização de mapas em diferentes escalas, assim como para diferentes finalidades. O banco pode receber diversos tipos de informações, sofrer correções, atualizações e fornecer informações sob formas verbais, tabelas, listagens, seções geológicas e mapas.

OBTENÇÃO DOS DADOS E FORMALIZAÇÕES	ESTOCAGEM	RESTAURAÇÃO E APRESENTAÇÃO
Registros antigos		Documentação Documentação Pontual
Observações Campo		Seções Geológicas
	Estocagem	Mapas analíticos
Ensaios e outros de campo		Mapas sintéticos Gráficos
Ensaios de laboratório		Escorregamentos

Correções Atualizações

7- **BANCO DE DADOS AUTOMÁTICO DE HASAN E WEST**
(Boone Country - Indiana)

Os dados de parte da referida região foram armazenados em um banco de dados desenvolvidos para a região e posteriormente analisados e retrabalhados para diversas finalidades tais como: deposição de rejeitos sépticos, residências, estabilidade de taludes entre outras.

Os diversos tipos de informações existentes no banco são: tipo de solo (32 classes), textura dos materiais (5 categorias), classificação unificada, topografia em relação a posição dos solos, classe de taludes, classes de erosão, potencial agrícola, classe de drenagens, profundidade do nível de água, permeabilidade das diversas camadas, potencial de congelamento, potencial de expansibilidade, zoneamento, geológia de subsuperfície e superfície, topografia geral, etc. Cada tipo de informação é subdivididas, em categorias ou classes previamente adotadas e de interesse para a região.

A partir destes dados e com a futura ocupação decidida, realiza-se uma série de passos que culminam com a delimitação de áreas que apresentam as melhores condições para o fim proposto.

PASSOS CONSIDERADOS:

1º Seleciona-se as informações que controlarão a qualidade dos terrenos para o fim desejado.

2º Da-se pesos a cada grupo de informações de acordo com a importância, para o fim em questão.

3º Seleciona-se, dentro de cada grupo, qual ou quais classes e categorias caracterizam a área

4º Situam-se o melhor e o pior nível dentre as categorias para um ponto específico.

5º Realiza-se um mapa de adequabilidade (computadorizado) para cada fim

Este sistema deve ser realizado em função de diversos condiconamentos, como: a escala, finalidade, origem dos mapas, densidades de informações e outros.

8- SISTEMAS ADOTADOS POR DIVERSOS LABORATÓRIOS REGIONAIS DO PONTS ET CHAUSSÉES (FRANÇA)

a- SISTEMA FIDGI

(Já comentado)

b- SISTEMA SYGFRID

c- SISTEMA MIISFIIT

d- SISTEMA SOCRATE

e- SISTEMA GEOLE

f- SISTEMA COUP

Algumas características destes bancos estão na tabela 27.

9- BANCO DE DADOS GEOTÉCNICOS (HUNGRIA)

Sistema produzido para facilitar o desenvolvimento regional, assim como par orientá-lo.

Estoca informações dos mais diversos campos e é utilizado para orientar a ocupação do meio físico, inclusive o de gerar mapas geotécnicos em grandes e pequenas escalas. O sistema de processamento das informações é matemático-estatístico, assim como de linguagem corrente. O sistema é codificado pelo termo G.D.R. (Geotechnical Data Register) e o fluxograma pode ser visto na figura 35.

FIGURA 36: FLUXOGRAMA DE SISTEMA G.D.R.

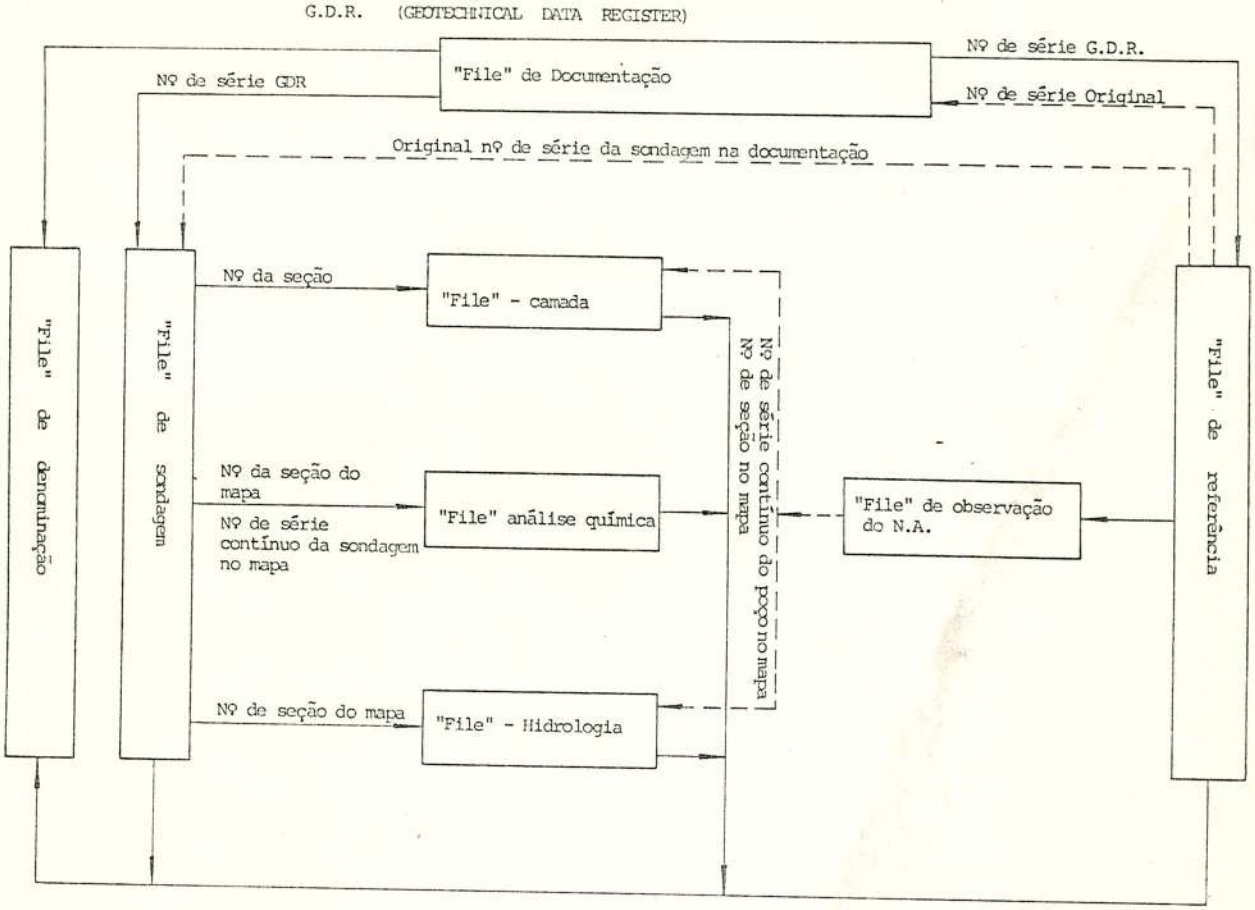


TABELA 27: ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DOS BANCO DE DADOS DO L.C. PONTS ET CHAUSSÉES

Lógica	CHULE	COUP	FIDGI	SYGFRID	MII SIIT	SOCRATE
TIPO DE LÓGICA	Sistema de desenho automático	Sistema de desenho automático com arq. perman.	Fichários específicos	Sistema geral de gestão de fichários	Sistema de gestão de bases de dados	Sistema de gestão de bases de dados
ESTRUTURA	Listagem	Listagem	Árvore com 2 níveis	Árvore com 3 níveis	Árvore com "n" níveis	
CRITÉRIOS DE SELEÇÃO		Limitado com acesso sequencial	Não limitado com acesso sequencial	Não limitado com acesso sequencial	Não limitado com acesso inverso	Não limitado com acesso sequencial ou rápido
MODO DE ACESSO		Sequencial	Direto	Sequencial	Direto	Direto
MODIFICAÇÕES - NA ESTRUTURA - NAS INFORMAÇÕES		não não	não Volume cte.	sim Volume cte.	Limitado Ilimitado	Com contraste Ilimitado
LINGUAGEM	FORTRAN	FORTRAN	FORTRAN (IBM, CDC, CII)	METASIMBOL (CII)	ASSEMBLEUR IBM	VERSÃO IBM e CII
TIPO DE APLICAÇÃO		Ficha de sondagem	Ficha de sondagem	Ficha de sondagem	Ficha de sondagem	Base de dados de sondagem
OUTRAS FUNÇÕES	Teor de documentos e desenho de logs	Desenho de logs	Desenho de logs e tratamento estático e cartográfico		Desenho de logs e tratamento cartográfico	
LUGAR	LR AUTUN	LR Bordeaux e Strasbourg	LR - ROUEN E MELUN	LR NANCY	LR D' AUX	Experimental do L.C.P.C.

10- SISTEMA GEOSHARE

Desenvolvido para uma situação específica dentro do banco Essex do Rio Thames e para a área de areias de Maplin, tendo como princípios básicos:

- Ser um sistema operável por pessoas com limitado conhecimento computacional;

- os dados devem ser simples para o "Input";

- as informações devem ser completas e exatas;

- ter flexibilidade de "input", e

- apresentar programas de retrabalhamento dos dados.

11- CONJUNTO DE PROGRAMAS - APLICADOS EM GRENOBLE (FRANÇA)

Devido ao grande número de informações que existia na região, resolveu-se elaborar um fichário com a finalidade de originar um banco de dados. A partir da formação do banco, realizou-se um grupo de programas com finalidades diversas, tais como:

PROGRAMA EDITN

Fornecer informações sobre uma ou diversas sondagens, após interpretação do fichário elementar, principalmente em relação a localização e litologias.

PROGRAMA PØZØN

Realizado para verificar, num fichário, a possibilidade de implantar sondagens, sejam diferenciadas (mecânicas, geofísicas e pressiométricas) ou não.

PROGRAMA ISØPA

Permite traçar, sobre um plano, a espessura ou profundidade do material superficial ou as cotas do primeiro nível deste material. Este programa não trata da natureza do material, o que é considerado, como uma desvantagem.

PROGRAMA GEØL

Este obtém do fichário 3 tipos de informação:

- Natureza do sub-solo logo abaixo da camada vegetal;

- natureza do sub-solo a uma dada profundidade;

- natureza do sub-solo a uma cota dada.

PROGRAMA CØUPE

Este programa elabora um perfil dos materiais, obedecendo às informações contidas nas sondagens e/ou nas fichas do banco de dados.

Todos os dados estocados podem ser tratados pela "Krigeage universel" de Matheron (1968).