UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

"IMPORTÂNCIA DO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO NO
USO E OCUPAÇÃO DO MEIO-FÍSICO:
FUNDAMENTOS E GUIA PARA ELABORAÇÃO"
- Volume I -

LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

Tese apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São
Paulo para Concurso de Livre-Docência.

DEFESA: 14.06.1993

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
1993

SUMÁRIO

VOLUME I

1. INTRODUÇÃO	01
1.1. Aplicação dos conhecimentos geológicos	03
1.2. Conceitos gerais	16
2. DESENVOLVIMENTO REGIONAL E A IMPORTÂNCIA DOS CONHECI- MENTOS SOBRE O MEIO FÍSICO	27
3. IMPACTO AMBIENTAL	36
3.1. Conceitos	36
3.2. Modificação do conceito de Impacto Ambiental ...	37
3.3. Fontes e relações do Impacto Ambiental	38
3.4. Níveis dos Impactos	44
3.5. Análise dos Impactos Ambientais	46
4. GEOLOGIA AMBIENTAL X GEOTECNIA AMBIENTAL	60
5. MAPEAMENTO GEOTÉCNICO	64
5.1. Aspectos gerais	64
5.2. Conceitos gerais e princípios básicos	66
5.3. Breve estado da arte	73
5.4. No Brasil	86
5.5. Representação tridimensional	97
6. MAPEAMENTO GEOTÉCNICO: ELABORAÇÃO	106
6.1. Reflexões e perspectivas	106
6.2. Procedimentos	110
6.3. Proposta metodológica	119
6.4. Atributos do meio físico	122
6.4.1. Básicos	122
6.4.2. Formas de obtenção	126
6.4.3. Relações entre os atributos	132
6.4.4. Atributos considerados na elaboração das cartas fundamentais interpretativas	134
6.4.5. Atributos X tipos de ocupação	149
6.4.6. Hierarquização das informações	151
6.4.7. Atributos de controle (mínimo) e diver- sidade	155
7. MAPEAMENTO GEOTÉCNICO: DOCUMENTOS	159
7.1. Mapas fundamentais básicos - Procedimentos para obtenção dos atributos	159
7.2. Cartas fundamentais interpretativas: Mecanismos para definição de unidades e níveis dos atribu- tos que definem as classes	177

7.3. Documentos analíticos e conclusivos	192
7.3.1. Cartas de riscos	192
7.3.2. Cartas de viabilidade	197
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	201
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	202

VOLUME II

APÊNDICE 1 - Metodologias e sistemáticas desenvolvidas em outros países	257
--	-----

APÊNDICE 2 - Exemplos de Documentos Gráficos desenvolvi- dos em alguns países	337
--	-----

ANEXOS:

368

- Nº 1 - Mapeamento Geotécnico da Região de Campinas (SP).
- Nº 2 - Mapeamento Geotécnico da Região de Leme (SP) ...
- Nº 3 - Mapeamento Geotécnico da Região de São Carlos (SP)
- Nº 4 - Mapeamento Geotécnico da cidade de São Carlos (SP)
- Nº 5 - Mapeamento Geotécnico da Região de Aguaí (SP) ...
- Nº 6 - Mapeamento Geotécnico da Folha de Piracicaba (SP)

FIGURAS

- Figura 1 - Classificação Geral das Ciências Geológicas (Potapova, 1968 apud Silva et alii, 1982).
- Figura 2 - Aplicação dos conhecimentos geológicos nos processos de ocupação do meio ambiente.
- Figura 3 - Perfil de alteração esquemático e alguns níveis de interação dos tipos de ocupação.
- Figura 4 - Fluxograma para o desenvolvimento do processo de planejamento.
- Figura 5 - Fluxograma do conceito de impacto ambiental (modificado de Hermelin, 1991).
- Figura 6 - Fluxograma que demonstra as relações causas e efeitos dos impactos ambientais.
- Figura 7 - Fluxograma básico que relaciona as fontes de informações, os objetivos operacionais (BASE) e os objetivos finais da avaliação dos impactos.
- Figura 8 - Organograma básico para orientar a avaliação dos possíveis impactos ambientais negativos.
- Figura 9 - Disciplinas que fornecem os fundamentos básicos à Geologia Ambiental e à Geotecnia Ambiental.
- Figura 10 - Mapa de materiais inconsolidados - Região de Campinas (SP). Escala 1:50.000 (Zuquette e Gandolfi, 1992).
- Figura 11 - Mapa da Região de Thurgoo (in Grant, 1978) com representação por código numérico. New South Wales, Austrália.
- Figura 12 - Esquema de representação tridimensional por bandas.
- Figura 13 - Exemplo de documento que combina o uso de bandas com isolinas. Região de Mons.
- Figura 14 - Exemplo de representação tridimensional por bandas, modificado de Zebera (1947). Região de Tyne and Wear (England).
- Figura 15 - Blocos diagramas e respectivas bandas que servem de chave para o entendimento do mapa da Figura 14.
- Figura 16 - Condições para a elaboração do mapeamento geotécnico e principais finalidades básicas.

- Figura 17 - Relação entre a escala do mapeamento geotécnico e a investigação adequada (Karanacsonyi e Remenyi, 1970).
- Figura 18 - Bloco diagrama e tabela de atributos de cada formação geológica. Princípio de elaboração de mapeamentos geotécnicos que não visam definir e delimitar unidades geológico-geotécnicas (U.G.G.).
- Figura 19 - Bloco diagrama representando as unidades geológico-geotécnicas (U.G.G.) que são definidas e delimitadas a partir das unidades dos documentos básicos que refletem os componentes do meio físico-geológico. Cada U.G.G. (I, II, ..., XI) representa um conjunto de informações sobre: declividade, substrato rochoso, águas subterrâneas e superficiais, materiais inconsolidados e processos geológicos.
- Figura 20 - Fluxograma de orientação para elaboração dos documentos gráficos do esquema metodológico (Tabela 28).
- Figura 21 - Fluxograma de orientação para elaboração da carta do potencial de risco à erosão.
- Figura 22 - Fluxograma das fases básicas para desenvolvimento do procedimento para obtenção de informações considerando densidade e malha regular.
- Figura 23 - Fluxograma das fases básicas para desenvolvimento do procedimento para obtenção dos atributos baseado em documentos isolados.
- Figura 24 - Etapas básicas que devem ser consideradas no procedimento de obtenção dos atributos - seqüencial básico.
- Figura 25 - Modelo proposto por Dalrimple et al. (1968).
- Figura 26 - Fluxograma da estrutura do procedimento seqüencial. Divisão básica em bacias hidrográficas.
- Figura 27 - Sobreposição cartográfica e regionalização.
- Figura 28 - Exemplo de definição das unidades utilizando-se o método da árvore lógica (Pejon, 1992).
- Figura 29 - Exemplo de carta de zoneamento geotécnico geral obtida por meio do método da árvore lógica (Pejon, 1992).
- Figura 30 - Fluxograma das fases de elaboração das cartas de viabilidade.

- Figura 31 - Ordenação e relação dos mapas temáticos.
- Figura 32 - Síntese e relação esquemática das principais cartas que fazem parte da sistemática Bottino-Civita (Itália).
- Figura 33 - Documentos e etapas para o desenvolvimento da metodologia GASP (Geotechnical Area Studies Programme).
- Figura 34 - Mapa de uso geotécnico de terreno (Hong Kong) (Geotechnical Land Use Map).
- Figura 35 - Exemplo de um mapa das condições geotécnicas. Escala 1:10.000 (Mahor e Malgot, 1978).
- Figura 36 - Exemplo de um mapa de zoneamento geotécnico. Escala 1:10.000 (Mahor e Malgot, 1978).
- Figura 37 - Mapa geotécnico sintético. Finalidade de planejamento (Fundação). Escala 1:25.000 (Lozinka-Stepián, 1979).
- Figura 38 - Mapa de zoneamento geotécnico, Valverde (Madrid). Escala 1:5.000 (Abad Fernandez et al., 1980). Metodologia IAEG.
- Figura 39 - Exemplo de mapeamento geotécnico - Crested Butte Gunnison (simplificado). Soule (1980). Escala 1:25.000.
- Figura 40 - Carta de estabilidade de encostas (Corent - Sul de Clermont Ferrand, França) (extraída da Carta Zermos-Chanonat). Escala 1:25.000.
- Figura 41 - Carta de zoneamento geotécnico. Escala 1:50.000 (região de Cournon-D'Auvergne) (Humbert, 1973) (Área Clermont-Ferrand).
- Figura 42 - Condições para urbanização - grandes habitações coletivas (região de Cournon - d'Auvergne).
- Figura 43 - Zonas de atividades comerciais (região de Cournon-d'Auvergne).
- Figura 44 - Condições para urbanização - habitações individuais (região de Cournon-d'Auvergne).
- Figura 45 - Condições para urbanização. Habitações coletivas pequenas (região de Cournon-d'Auvergne).
- Figura 46 - Mapa de recursos naturais e elementos do meio físico. Escala 1:80.000 (região de Darwin East, Austrália), Brock, 1980).

- Figura 47 - Mapa das considerações para planejamento. Escala 1:80.000 (região de Darwin East, Austrália), Brock, 1980).
- Figura 48 - Exemplo de mapa de finalidade específica. Mapa de adequabilidade e fundações. Próximo a Marseille (França). Escala 1:50.000 (apud IAEG, 1976).
- Figura 49 - Exemplo de carta de orientação geotécnica (Zoneamento Geotécnico). Escala 1:50.000. Região de Bourgoin - La Verdilligne (França), Sanejouand (1972).
- Figura 50 - Exemplo de mapa geotécnico - multifinalidade. Mapa geotécnico da área de Zvolen (ex-Tchecoslováquia). Escala 1:200.000 (apud IAEG, 1976).
- Figura 51 - Exemplo de mapeamento geotécnico - multifinalidade. Mapa das condições geotécnicas de parte da Bacia Zvolen (Tchecoslováquia). Escala 1:25.000 (Matula, 1969 apud IAEG, 1976).
- Figura 52 - Exemplo de mapa de zoneamento geotécnico. Bacia de Zvolen (ex-Tchecoslováquia). Escala 1:25.000 (IAEG, 1976).
- Figura 53 - Exemplo de mapa geotécnico (região Eldorado Springs). Finalidade especial - facilidade de escavação. Escala 1:24.000 (Gardner e Johnson, 1970).
- Figura 54 - Exemplo de mapa geotécnico. Finalidade especial - expansibilidade. Escala 1:24.000 (região Eldorado Springs - Colorado, USA).
- Figura 55 - Exemplo de mapa geotécnico. Estabilidade de encostas. Escala 1:25.000 (Nicoll, 1970).
- Figura 56 - Exemplo de mapa de classificação dos terrenos - Hong Kong. Metodologia GASP (Geotechnical Area Studies Programme). Escala 1:20.000.
- Figura 57 - Mapa de zoneamento de estabilidade de encostas do Platô de Nilgini (Índia), Seshagini et alii (1982).
- Figura 58 - Exemplo de zoneamento geotécnico. Multifinalidade (Vlckv, 1982).
- Figura 59 - Exemplo de mapa geotécnico interpretativo. Escala 1 : 100.000 (Abad Fernandes et alii, 1982).
- Figura 60 - Exemplo de mapa de avaliação geocientífica. Escala 1 : 100.000 (Abad Fernandes et alii, 1982).

- Figura 61 - Carta de zoneamento que combina materiais superficiais e substrato rochoso. Escala 1:200.000 (Dearman et alii, 1979).
- Figura 62 - Mapa preventivo quanto ao potencial à expansibilidade. Espanha. Escala 1:5.000.000 (Otev e Salinas, 1986).

TABELAS

Tabela	1	-	Principais tipos de exploração de recursos naturais.
Tabela	2	-	Principais tipos de ocupação que normalmente são implantados no Brasil e as restrições mais comuns nos centros urbanos.
Tabela	3	-	Documentos e informações fundamentais para o planejamento do uso e ocupação (modificada de Keller, 1981).
Tabela	4	-	Alguns tipos de impactos ambientais negativos que podem ser provocados pela mineração.
Tabela	5	-	Alguns tipos de impactos que podem ser provocados pela exploração de águas subterrânea e superficial, agropecuária e silvicultura.
Tabela	6	-	Aspectos da extração mineral que provocam mudanças no meio ambiente (modificada de Dias Moreira, 1992).
Tabela	7	-	Principais grupos de recursos para avaliação de impactos ambientais.
Tabela	8	-	Principais mecanismos de análise de impactos.
Tabela	9	-	Principais mecanismos de avaliação de impactos ambientais e fatores considerados.
Tabela	10	-	Relações entre tipos de problemas x fontes x etapas de estudos x geologia ambiental x geotecnia ambiental.
Tabela	11	-	Principais trabalhos desenvolvidos no Brasil.
Tabela	12	-	Relação entre o número de pontos observados e a escala do mapeamento geotécnico (ex-Tchecoslováquia) (Matula e Pasek, 1984).
Tabela	13	-	Esquema para elaboração do mapeamento geotécnico e suas relações com outros documentos na avaliação global das potencialidades do meio físico.

- Tabela 14 - Informações do meio ambiente fundamentais para o planejamento (modificada de Zuquette, 1991).
- Tabela 15 - Formas e métodos mais adequados para obtenção dos atributos.
- Tabela 16 - Relações entre os atributos.
- Tabela 17 - Cartas fundamentais interpretativas x atributos.
- Tabela 18 - Tipos de ocupações x atributos.
- Tabela 19 - Atributos de controle mínimo e uso dos documentos em função das escalas.
- Tabela 20 - Número mínimo de pontos observados por km² na elaboração de mapeamentos geotécnicos (modificada de Zuquette e Gandolfi, 1990).
- Tabela 21 - Exemplo de unidades taxonômicas (apud Zuquette, 1987).
- Tabela 22 - Relações entre atributos e classes para a carta de potencial agrícola.
- Tabela 23 - Relação entre atributos e classes da carta de potencial de corrosividade.
- Tabela 24 - Relação entre atributos e classes da carta para fundações.
- Tabela 25 - Relação entre atributos e classes da carta de condições de escavabilidade.
- Tabela 26 - Relação entre atributos e classes da carta inventários para barrages rurais.
- Tabela 27 - Relação entre atributos e classes para elaboração da carta para estradas.
- Tabela 28 - Relação entre atributos e classes para algumas formas de disposição de resíduos.
- Tabela 29 - Principais fontes de eventos perigosos e suas características básicas.
- Tabela 30 - Relação entre escala x finalidade x níveis de informações utilizadas.

APÊNDICE

- Tabela 31 - Classificação dos terrenos. Divisão e forma de registro.

- Tabela 32 - Formas de análise e quantificação para cada classe do terreno.
- Tabela 33 - Construções x classes de terrenos.
- Tabela 34 - Níveis administrativos x níveis de utilização.
- Tabela 35 - Tipos de relevo.
- Tabela 36 - Grupos geocinéticos.
- Tabela 37 - Ficha de estudo para regiões com movimentos de massa, utilizada pela metodologia Zermos - B.R.G.M.
- Tabela 38 - Condições das áreas para urbanização (complemento das Figuras 42 a 45).

ABSTRACT

The geological knowledge is fundamental for the instalations of several antropic atividades and normally this knowledge is provided for the users through graphic documents that compose the engineering geological mapping.

This study is constituted of three parts. In the first, it is presented an analysis about the importance of the geotechnical and geological knowledge for territorial planning and environmental evaluation.

The most common methodologies and systematics in several countries are presented in the second part.

In the last part is presented a group of guidelines for elaboration of the engineering geological mapping for brasilian conditions.

The objectives of these guidelines are: selection and obtention of the attributes of: rocks, unconsolidated materials, waters, relief and their interrelations, for elaboration of the graphic documents that compose the engineering geological mapping.

RESUMO

Os conhecimentos geológicos-geotécnicos são fundamentais na implementação das diversas atividades antrópicas e normalmente são fornecidos aos usuários por meio de um conjunto de documentos gráficos que compõem o mapeamento geotécnico. Este estudo constitui-se de três partes, sendo que na primeira, trata de uma análise sobre a importância dos conhecimentos geológicos-geotécnicos para o planejamento territorial e a avaliação ambiental. A segunda, refere-se a um estado da arte do mapeamento geotécnico em alguns países, considerando as metodologias e sistemáticas mais conhecidas. A terceira, refere-se a uma proposta para elaboração (guia) de mapeamento geotécnico para condições brasileiras. Esta proposta apresenta diretrizes desde a seleção, formas de obtenção e procedimentos de análises dos atributos do meio físico, para elaboração dos documentos gráficos fundamentais básicos e interpretativos, de prognósticos e conclusivos.

1. INTRODUÇÃO

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os estudos pertinentes às Ciências da Terra são responsáveis por produzir informações sobre o meio ambiente destinados a embasar tecnicamente os processos de implantação das atividades antrópicas. Dentre estes, os geológicos são responsáveis pela avaliação das rochas, dos materiais inconsolidados, das águas, do relevo e das interrelações (meio físico). O mapeamento geotécnico (engineering geological mapping) vem se destacando como um conjunto de procedimentos, desde o início deste século, para obtenção, análise e apresentação das informações sobre o meio físico nos mais diferentes países.

No Brasil, os mapeamentos geotécnicos elaborados até a presente data, ainda são em número reduzido (próximo a uma centena), normalmente realizados por instituições públicas como a E.E.S.C./USP, IG/UFRJ, IPT/SP e Geotécnica/RJ.

Da análise destes trabalhos, conclui-se que há grande deficiência de estudos relativos aos fundamentos, aos procedimentos de elaboração e a apresentação dos resultados; principalmente no que se refere a seleção dos atributos, as suas formas de obtenção e as relações entre atributos e as atividades antrópicas.

Devido a estes argumentos foi proposto a realização de um estudo com os seguintes objetivos:-

- Discutir a importância dos conhecimentos geológicos-geotécnicos nos processos de planejamento territorial, de implantação dos diferentes tipos de ocupação e na avaliação dos impactos ambientais,

- Elaborar um estado da arte do desenvolvimento do mapeamento geotécnico em alguns países,

- Analisar os conceitos e princípios fundamentais que norteiam a elaboração do mapeamento geotécnico,

- Propor um conjunto de procedimentos (guia) para elaboração de mapeamento geotécnico para condições brasileiras, considerando:

- seleção dos atributos,
- relações atributos x tipos de ocupação,
- formas de obtenção dos atributos e
- princípios e procedimentos para elaboração das documentos gráficos fundamentais básicos e interpretativos, de prognósticos, para os usuários e os conclusivos.

A proposta esta baseada nos resultados obtidos da aplicação da metodologia de Zuquette (1987) e em estudos específicos quanto aos aspectos metodológicos desenvolvidos nos últimos cinco anos.

1.1. - APLICAÇÃO DOS CONHECIMENTOS GEOLÓGICOS

Os conhecimentos geológicos são pertinentes ao meio físico (rochas, material inconsolidado, águas, relevo) e as suas relações com os tipos de ocupação e as condições sócio-econômicas. Estes estão estreitamente ligados a estudos referentes a outros campos de conhecimentos como a geografia, a hidrologia, a oceanografia e a meteorologia, que constituem as geociências. Existem dificuldades práticas para definir as áreas de atuação dos diferentes profissionais, o que tem provocado diversos problemas, mas por outro lado, são os estudos relativos a estas interfaces, os responsáveis por possibilitar a avaliação do comportamento do meio físico e suas adequabilidades quanto à ocupação.

Os conhecimentos Geológicos possuem interfaces com praticamente todos os outros campos de estudos relacionados aos mais diferentes tipos de ocupação, tais como: engenharia civil, engenharia sanitária, engenharia de minas, engenharia agrícola, agronomia, arquitetura e biologia. A interligação entre os diferentes grupos de profissionais, no Brasil, é muito difícil devido aos limites impostos durante as respectivas fases de formação escolar e aos decretos regulamentadores de cada profissão. Esta situação não se caracteriza como problema em outros países mais desenvolvidos, pois a atuação profissional busca sempre o conjunto (a sociedade) e não a individualidade.

Dentre os conjuntos de disciplinas relacionados ao meio físico, a geologia tem como objetivo estudar a história da Terra

como um todo, tendo a crosta e sua superfície como os objetos básicos da investigação geológica.

Segundo Potapova (1988) (apud Silva et alii, 1982) pode-se entender o objetivo da geologia através do diagrama das Ciências da Terra (figura 1). Neste diagrama, observa-se que para entender a história e evolução da Terra são necessários estudos de diversos componentes, tais como: rochas, materiais inconsolidados, relevo, águas, condições climáticas, aspectos decorrentes da ocupação e suas interrelações.

É fundamental salientar que os conhecimentos de qualquer campo de estudo devem estar voltados não só para o aspecto "ciências", mas também para a aplicação destes junto as interfaces na busca de soluções para implementar as atividades antrópicas. No Brasil, os conhecimentos geológicos vem sendo pouco utilizados pelos diferentes profissionais devido a alguns fatos:

- linguagem utilizada é de difícil entendimento,
- as informações produzidas são de natureza global e não específica,
- as informações são dos tipos sintáticas e semânticas, dificilmente pragmáticas, numéricas e gráficas,
- os documentos gráficos são imprecisos, quanto os aspectos cartográficos e topológicos,
- falta de conhecimentos técnicos dos profissionais sobre a importância dos estudos do meio físico para implementar as ocupações e a exploração de recursos naturais,
- a pequena fiscalização exercida pelos órgãos controladores

Figura 1 - Classificação Geral das Ciências Geológicas (Potapova, 1968 apud Silva et alii, 1982).

municipais e fiscalizadores (CREAA) das implementações dos tipos de ocupação e

- a intenção dos planejadores ou responsáveis técnicos nas implementações das ocupações não é buscar a diminuição dos custos, o que é uma das funções fundamentais dos estudos sobre o meio físico (principalmente os geológicos - geotécnicos).

As informações geológicas são aplicadas em dois grandes conjuntos de ações relacionadas ao meio ambiente: exploração de recursos naturais (Tabela 1) e implementação dos diferentes tipos de ocupação (Tabela 2) e são fundamentais para que o meio ambiente seja ocupado de maneira que o equilíbrio entre os seus componentes seja mantido dentro de limites satisfatórios e que os rendimentos destas ocupações para a sociedade sejam os maiores possíveis.

Tabela 1 - Principais tipos de exploração de recursos naturais.

Tipos de Ocupação e Restrições*	
	1 Áreas Residenciais
	2 Vias de Acesso
	3 Barragem/Aterro
	4 Poços Profundos
	5 Parques Industriais
	6 Materiais p/construção(exploração) (areias, britas, argilas)
	7 Zonas de inundação: Natural/Induzida*
	8 Áreas de recreação
	9 Áreas de ocorrência de eventos perigosos*
	10 Resíduos sépticos: fossas/Tanques sépticos
U	
R	11 Loteamentos
B	12 Reservatórios (Lazer, água potável)
A	13 Obras enterradas (Fundações, Tubos (gás, água, esgotos, fios(telefone,eletricidade) petróleo)
N	
A	14 Canalizações
	15 Estações de Energia
	16 Termo-elétricas
	17 Túneis
	18 Ind/Hosp.com equipamentos sensíveis
	19 Hortifrutigranjeiros
	20 Aeroportos
	21 Portos-Piers-Marinas
	22 Aterros Sanitários
	23 Postos de Combustível (Tanques)

	24 centros: comerciais/serviços
	25 Cemitérios
	26 Usinas de compostagem
	27 Incineradores
	28 Estações de tratamento (Água e Esgoto)
	29 Terminais de Petróleo
	30 Term nucleares
	31 Depósitos de produtos industriais
	32 Depósitos Subterrâneos
	1 Rodovias -Primárias, Secundárias(econômicas)
	2 Ferrovias
	3 Linha de transmissão
R	4 Gasoduto/Oleoduto
E	
G	5 Barragens(Rejeitos, Mineração, Hidroelétrica, Irrigação, Piscicultura, Água Potável)
I	6 Pólos Industriais
O	7 Mineração (Metálicos, Não Metálicos, Energia)
N	8 Canais para condução de água
A	9 Locais para disposição de rejeitos perigosos (Aterros Sanitários)
L	
	10 Depósitos Subterrâneos
	11 Turismo
	12 Disposição resíduos por irrigação, lançamento
	1 Agroindústrias
	Destilarias de Alcool
R	Usina de Açúcar
	Criadouros
U	Fertilizantes (Fabricas)
	Abatedouros
R	
A	2 Pecuária
	3 Agricultura
L	4 Hortifrutigranjeiros
	5 Projetos de Irrigação
	6 Agrovilas

* - estas restrições caracterizam-se como forma de ocupação por impor limitações

Tabela 2 - Principais tipos de ocupação que normalmente são implantados no Brasil e as restrições mais comuns nos centros urbanos.

Com a finalidade de realçar a importância dos conhecimentos geológicos, pode-se considerar os exemplos comentados pelo geólogo Ter Stepanian (1988) sobre as interferências das ocupações nos processos naturais que ocorrem na Terra:

PROCESSOS NATURAIS
(ações e fatores geológicos,
biológicos e cósmicos)

Transgressões nos interglaciais devido o derretimento das geleiras.

Intemperismo físico

Intemperismo químico

Formação do relevo

Formação do solo

Desenvolvimento dos sistemas de drenagens

Oscilações do nível de água em consequência de mudanças climáticas

Formação dos meandros

PROCESSOS TECNOGÊNICOS
(ações do homem)

Transgressões devido ao derretimento das geleiras causadas pelo aquecimento de atmosfera devido às atividades antrópicas.

Desgastes e quebras de rochas nas pedreiras, devido às atividades de desmonte e uso de explosivos.

Modificações provocadas por processos de engenharia química, irrigação e lançamento de rejeitos.

Modificações do relevo causadas pelos cortes das estradas, cidades, canais, mineração e outros.

Alterações das características pelo uso de fertilizantes, produtos químicos, lançamento de rejeitos, desmatamentos, acréscimo de matéria orgânica, irrigação e outros.

Mudanças no ritmo do desenvolvimento do sistema, devido às construções de reservatórios.

Mudanças provocadas em consequência de drenagens, irrigações, bombeamento, construção de lagos, etc.

Canalizações das drenagens.

PROCESSOS NATURAIS

Processos costeiros

Química das águas:
-Subterrâneas

-Superficiais

Desertificação

Erosão por ação natural das águas

Movimentos de terra

Seleção natural das espécies

Extinção de espécies devido a efeitos tectônicos e inadaptabilidade às mudanças

Origem de novas espécies, gênero, família, etc.

PROCESSOS TECTOGENICOS

Modificações causadas pelas construções de portos, aterros e obras "offshore".

Infiltrações de soluções oriundas dos depósitos de rejeitos, combustíveis e outros.

Lançamentos de resíduos no sistema de drenagem e materiais trazidos pelas águas de escoamento superficial.

Desmatamento, ocupação agrícola de solos arenosos, alteração do regime hídrico.

Ocupação inadequada seja em termos agrícolas ou construtivos, alteração do coeficiente de escoamento das águas superficiais.

Desmatamentos, aumento da pressão neutra, cortes com geometria desfavorável, drenagem inadequada e outros.

Seleção artificial em função das necessidades antrópicas.

Exterminação direta pelo homem.

Engenharia genética.

Após essas considerações, é possível entender que o equilíbrio do meio ambiente depende fundamentalmente da aplicação dos conhecimentos geológicos associados a informações referentes aos outros componentes do meio ambiente.

Em termos de diretrizes básicas, os conhecimentos geológicos

tem importância no sentido de:-

- Avaliar mais preventivamente que corretivamente as condições gerais dos espaços globais,
- Otimizar e decidir adequadamente os tipos de recursos tecnológicos a serem utilizados, quando houver necessidade de correções,
- Implementar adequadamente os diferentes tipos de ocupação.
- Evitar desastres possíveis de ocorrer pela não observância das condições limitantes do meio físico.

Com base nestes aspectos, pode-se afirmar com segurança que as informações geológicas são responsáveis por:

- reduzir os altos custos dos processos de ocupação,
- evitar o surgimento de custos futuros não previstos decorrentes de limitações do meio físico ou para correção de problemas originados devido a implementação inadequada,
- propiciar melhor aproveitamento das vantagens do meio físico,
- propiciar planejamentos regional e urbano adequados,
- obter maior benefício dos investimentos e
- diminuir os impactos ambientais negativos.

Segundo Cendrero (1975), a cada dia aumentam o número de pessoas, o espaço ocupado e as necessidades de recursos naturais; assim, as informações geológicas são de importância fundamental na orientação da ocupação e da exploração equilibrada do meio ambiente.

Em países desenvolvidos, há preocupação constante quanto aos

problemas decorrentes da ocupação e uso dos recursos naturais e dos espaços (meio ambiente), ao contrário do que acontece nos menos desenvolvidos, como o Brasil. Para que se entenda a relevância dos conhecimentos geológicos no conjunto dos processos de ocupação é necessário reconhecer que o termo meio ambiente pode ser conceituado sob 2 aspectos:

HUMANO - Conjunto de condições ou influências que afetam o comportamento dos seres humanos como indivíduos e sociedades; são a forma e a função dos ecossistemas que circundam e sustentam a vida e suas relações.

TÉCNICO - Enquanto suas características para o uso e a ocupação é constituído pelo meio físico, meio biológico, meio antrópico e suas interrelações.

O conceito humanístico não considera as condições de uso e de ocupação do meio ambiente (utópico), enquanto o técnico prevê o uso e ocupação de maneira que é possível estudar cada componente e propor formas de manejo, de gestão e de desenvolvimento sustentado.

Dentre os fatores do meio ambiente, o meio físico é o responsável pela sustentação (no sentido literal) de qualquer que seja o tipo de ocupação (TURNER e COFFMAN, 1973).

Os conhecimentos geológicos devem ser considerados, seja no caso de ocupações pontuais ou não, no planejamento urbano ou regional, no sentido de entender as mudanças que são provocadas pelas diferentes atividades humanas, na avaliação do potencial de riscos decorrentes de eventos perigosos ("hazards") naturais e induzidos e em qualquer atividade humana que tenha como suporte

o meio físico.

Como fruto da utilização dos estudos geológicos nos diferentes processos de ocupação, surgiram diversos campos de atuação do geólogo, tais como: geologia de engenharia, geologia ambiental, hidrogeologia, agrogeologia, geologia econômica entre outras.

Dentre estes campos de atuação, a geologia de engenharia destaca-se e tem como objetivo avaliar as características do meio físico em termos dos seus atributos básicos, que devem ser considerados tanto na implantação de qualquer tipo de ocupação como nos processos de exploração de recursos naturais renováveis e não renováveis. Já a geologia Ambiental que é uma área mais recente e está entrelaçada basicamente com a geologia de engenharia e relacionada as outras áreas de atuação, tem por objetivo a análise das interferências das ocupações e explorações no equilíbrio do meio ambiente.

Estes dois campos, na atualidade, tem envolvimento com todos os processos de ocupação e exploração dos recursos naturais, assim como com todos os conjuntos de disciplinas voltadas às ciências ambientais destacam-se como campos de atuação dos geólogos que mais tem evoluído em termos da ciência geológica.

Na atualidade, os diferentes grupos de profissionais diretamente ligados aos processos de: planejamento, de implantação dos processos de ocupação e de exploração e manutenção do equilíbrio ambiental, discutem sobre as maneiras de desenvolver o manejo e a gestão ambientais e bem como sobre o

desenvolvimento sustentado. Na maioria das discussões e mesmo nos aspectos conceituais publicados em livros, periódicos e congressos, as características geológicas do meio físico não são sequer cogitadas, como se não existisse uma base de suporte (no sentido literal) para qualquer "ação" que ocorra na superfície da Terra. No esquema da Figura 2 pode-se observar claramente que a base para qualquer análise ambiental é o meio físico, visto que desde as ocupações mais simples até as mais complexas (aterros sanitários) estão diretamente assentados sobre o meio físico (Figura 3).

O uso dos conhecimentos geológicos nos processos de ocupação vem sendo discutidos por diversos profissionais desde o século passado como pode-se deprender através dos trabalhos de KINGSLEY (1887), Smith (1849) e AMI (1900).

Neste século, um grupo expressivo de profissionais foram atuantes até os anos 50 tais como: LANGEN (1913), ANOM(1923), Radbruch (1957); após 1950 os trabalhos relacionados à geologia, ao planejamento, à ocupação e ao meio ambiente aumentaram muito, assim como os profissionais que atuam nestas áreas, mas pode-se destacar alguns, como:- Legget (1973), McHarg (1969), Radbruch (1969), Zaruba (1948), Turner e Coffman (1973), Delarue e Humbert (1967), Grant (1968), Cendrero (1975), Christian e Stewart (1968), Luttig (1978), Bell et alii (1987), Fookes (1987), Culshaw et alii (1990), Price (1981), Matula (1979), Cendrero e Diaz de Terán (1987), Flawn (1970) e Wolff (1987).

Além destes profissionais, outros tem participado ativamente dos congressos e simpósios que a I.A.E.G. (International Association Engineering Geology) e a I.U.G.S. (International

Union Geological Science) tem promovido em diferentes países, assim como em periódicos tais como: Bulletin of I.A.E.G.; Bulletin of A.E.G.(Association Engineering Geology); Engineering Geology; Quarterly Journal Engineering Geology; Bulletin "Points et Chaussées"; Bulletin du B.R.G.M.(Bureau Reserches Geologie et Minniere) e Environmental Geology.

Figura 2 - Aplicação dos conhecimentos geológicos nos processos de ocupação do meio ambiente.

Figura 3 - Perfil de alteração esquemático e alguns níveis de interações de alguns tipos de ocupação

1.2 -CONCEITOS GERAIS

Diversos são os termos técnicos relacionados direta ou indiretamente aos conhecimentos geológicos e suas aplicações. Em função dos diferentes conceitos que são adotados procurou-se através de levantamentos bibliográficos adotar aqueles que são mais abrangentes.

Os termos conceituados a seguir são encontrados na grande maioria dos trabalhos publicados a partir do início da década de 80, em congressos, periódicos, simpósios e reuniões específicas.

As principais referências bibliográficas consultadas foram:-
UNDRO (1979), RAHN (1986), FOURNIER D'ABLE (1976), CARDONA (1970), CEOTMA (1984), TURNER e COFFMAN (1973), LUNDGREN (1986) e FOOKES (1987).

1.2.1. CIÊNCIA DO AMBIENTE (Environmental Science)

(Natural Science Board, 1971)

São os estudos dos processos naturais, suas relações e a interações com o homem, tais aspecto constituem os sistemas do ar, da terra, d'agua, da energia e da vida.

1.2.2. GEOLOGIA DE ENGENHARIA (I.A.E.G.,1990)

É a ciência dedicada à investigação, estudo e solução de problemas de Engenharia e Meio Ambiente, decorrentes da interação entre a Geologia da Terra e os trabalhos e atividades do homem, bem como à previsão e desenvolvimento de medidas preventivas ou reparadoras de acidentes geológicos, e abrange:

- a caracterização da geomorfologia, estrutura, estratigrafia, litologia e das propriedades hidráulicas das formações geológicas;
- a caracterização das propriedades mineralógicas, físico-geomecânicas e químicas de todos os materiais terrestres envolvidos em construção, recuperação de recursos e alterações do meio ambiente;
- a avaliação dos comportamentos mecânico e hidráulico dos maciços rochosos e terrosos;
- a previsão de alterações das propriedades acima ao longo do tempo;
- a determinação dos parâmetros a serem considerados na análise de estabilidade das obras de engenharia e
- a melhoria e manutenção das condições ambientais do terreno.

1.2.3. GEOLOGIA AMBIENTAL

(Bates and Jackson, 1980)

Aplica os conhecimentos e princípios geológicos para avaliar

os problemas causados pela exploração e ocupação humana do meio ambiente. Os estudos utilizados são os de: topografia, de geologia de engenharia, geologia econômica, hidrogeologia, assim como os processos geológicos, recursos da Terra e propriedades físicas, químicas e mecânicas dos materiais que a constituem.

É responsável por buscar a redução, ao máximo, do impacto ambiental negativo que pode ser provocado pelas explorações dos recursos naturais e intervenções humanas (é um estudo preventivo). Esta ocupa-se diretamente as construções civis, à disposição de rejeitos e resíduos, aos recursos hídricos e naturais, ao planejamento e ao desenvolvimento regional e urbano.

1.2.4. EVENTO

Trata-se de fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registradas no tempo e no espaço.

1.2.4.1. - EVENTO PERIGOSO (HAZARD)

Ação externa a que está exposto um sujeito ou sistema, representando um perigo (latente) que se associa a um fenômeno físico de origem natural ou provocado pelo homem, que se manifesta em um lugar específico, em tempo determinado, produzindo efeitos adversos nas pessoas, nos bens e/ou no meio ambiente. Matematicamente, é a probabilidade de exceder um nível de ocorrência de um evento, com determinada intensidade, em um lugar específico e em um período de tempo determinado.

1.2.4.2. EVENTO POSSÍVEL - Fenômeno que pode acontecer

1.2.4.3. EVENTO PROVÁVEL - Fenômeno esperado devido às razões técnico-científicas observadas e que deverá ocorrer em um tempo determinado.

1.2.5. PROCESSO PERIGOSO

É um conjunto de fenômenos que antecedem o evento perigoso puro (Hazard), e que é tomado erroneamente como sinônimo de evento perigoso (hazard), porém conceitualmente são diferentes.

A análise e a avaliação do processo perigoso são de fundamental importância no caso de sismos, vulcões, falhas ativas e eventos atmosféricos.

1.2.6. VULNERABILIDADE

É a característica intrínseca de um "sujeito", "sistema" ou elemento (linhas vitais), que estão expostos a um evento perigoso (hazard) e que corresponde a sua predisposição em ser afetado ou estar susceptível a sofrer perdas (danos).

O grau estimado de perdas de um sujeito, sistema ou elemento exposto a um "hazard" (com magnitude e intensidade características) é expresso em uma escala que varia de 0 (sem perdas) a 1 (perdas totais).

A diferença de susceptibilidade a vulnerabilidade dos elementos expostos ao evento perigoso, determina o caráter seletivo da severidade das perdas decorrentes do evento sobre os elementos.

1.2.6.1. VULNERABILIDADE FÍSICA

Trata-se da predisposição de perdas potenciais, proporcionais ao seu valor, quando um "elemento" está susceptível as várias intensidades de um evento.

1.2.6.2. VULNERABILIDADE FUNCIONAL

São as perdas oriundas devido aos danos físicos de um elemento vital, como exemplo as interrupções das operações de infraestrutura e produção.

1.2.6.3. ANÁLISE E AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE

A análise deve considerar os aspectos: TÉCNICO e SÓCIO ECONÔMICO

ASPECTO TÉCNICO é mais fácil de se avaliar, pois trata de condições físicas e funcionais, sendo possível considerar as relações quantitativas.

ASPECTO SÓCIO-ECONÔMICO está relacionado com os fatores econômicos, educativos, culturais e ideológicos, sendo avaliados apenas qualitativamente. A vulnerabilidade deve ser avaliada para um elemento ou grupo de elementos, sujeitos a um evento específico, podendo ser empírica ou teórica.

AVALIAÇÃO EMPÍRICA é a estimativa do dano (da perda) que poderá sofrer um elemento, resultante da ocorrência de um evento com intensidade determinada.

AVALIAÇÃO TEÓRICA é o dano (a perda) calculado de maneira analítica, que é esperado para um elemento que está sujeito a um evento com intensidade determinada.

1.2.7. RISCO

É a probabilidade de que ocorram perdas (econômicas, sociais, ambientais), além de um valor limite (considerado normal ou aceitável), para um lugar específico, durante um período de tempo determinado.

É considerado o resultado da relação entre um hazard (a probabilidade de ocorrência de um fenômeno com uma intensidade específica) e a vulnerabilidade dos "elementos" (seres humanos, residências, etc.) expostos, pode ser de origem natural (geológico, hidrológico e atmosférico) ou também de origem tecnológica e portanto provocado pelo homem ou decorrentes de falhas de elementos de ocupação (rompimento de dutos, etc.)

1.2.7.1. RISCO ACEITÁVEL

São as possíveis consequências sociais, econômicas e ambientais decorrentes de um evento perigoso, que, a critério do planejador, são consideradas suficientemente baixas e que podem ser inseridas no processo de planejamento, de tal forma que podem ser fixadas todas as políticas sociais, econômicas e ambientais

1.2.7.2. RISCO ESPECÍFICO

É a possibilidade perdas, danos ou destruição oriundas da probabilidades de ocorrência de um evento perigoso e a vulnerabilidade de um grupo específico de elementos expostos ao evento. Do ponto de vista físico, são as perdas esperadas em um espaço de tempo, expressas como uma porcentagem do valor dos custos para refazer ou reconstruir o grupo de elementos.

1.2.7.3. RISCO TOTAL

Trata se da avaliação das possíveis perdas acumuladas (somatória) dos riscos específicos de cada um dos elementos sujeitos ao evento perigoso.

1.2.7.4. AVALIAÇÃO DO RISCO

O risco é o resultado da relação entre o evento e a vulnerabilidade dos elementos sob risco. A avaliação é a determinação das consequências sociais, econômicas e ambientais de um evento.

Para a avaliação do risco deve se seguir as etapas:

- 1- Avaliação do possível evento perigoso
- 2- Análise da vulnerabilidade de cada elemento
- 3- Quantificação dos Riscos

RISCO ESPECÍFICO (Re)

$Re = H \times V$, onde: Re - grau de perda
H - evento particular
V - Vulnerabilidade de um elemento

RISCO TOTAL (Rt)

$Rt = (E)(Re) = (E)(H \times V)$, onde: E - elemento sujeito a
ação do evento
Rt - perdas para os
elementos sob risco

1.2.8. MANEJO AMBIENTAL

Corresponde ao planejamento e às implementações de ações orientadas para melhorar a qualidade de vida do ser humano em uma extensão territorial de interesse e que reúna características semelhantes.

Tem por objetivo a mobilização de recursos ou o emprego de ações para orientar o uso, melhorar e/ou conservar recursos naturais e serviços, visando sempre diminuir o conflito de

uso/qualidade de vida.

1.2.9. GESTÃO AMBIENTAL

Trata se da administração integrada da região (ambiente) com critérios de equilíbrio, promovendo o desenvolvimento e bem estar harmonioso dos seres humanos (melhorar a qualidade de vida, manter a disponibilidade dos recursos) sem esgotar e/ou deteriorar os recursos renováveis e sem destruir (dilapidar) os não renováveis.

1.2.10. DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO

Corresponde ao conjunto de processos de transformações naturais, econômico-sociais, culturais e institucionais que buscam assegurar melhores condições de vida e de produção, sem deteriorar o meio ambiente, nem comprometer as bases de um desenvolvimento positivo no futuro.

1.2.11. CONTAMINAÇÃO

Considerada como as alterações causadas nos componentes do meio por atividades antrópicas, que podem provocar problemas indiretos ou diretos aos seres vivos no decorrer de períodos longos de tempo.

1.2.12. POLUIÇÃO

Conjunto de alterações que provocam mudanças no meio e que o tornam impróprio para o desenvolvimento das atividades naturais normais ou antrópicas correntes.

1.2.13. ECOSSISTEMA

É a unidade espacial definida por um complexo de componentes e processos, físicos e bióticos, que interagem de maneira independente e que criam fluxos de energias característicos e ciclam os movimentos de materiais.

1.2.14. ECOLOGIA

É o campo de conhecimento responsável pelos estudos da estrutura e funcionamento dos ecossistemas e avaliar os limites de cada ecossistema, a serem respeitados quando da implantação das diversas formas de ocupação.

1.2.15. PROGNÓSTICO

É a probabilidade de se determinar a ocorrência de um evento (fenômeno) considerando os estudos dos mecanismos geradores, do monitoramento do sistema perturbador e dos registros de eventos no tempo

O prognóstico pode ser elaborado para:

Curto Prazo, pela interpretação e registro de sinais
prévios;

Médio Prazo, com base nas informações probabilísticas de
atributos indicadores, e

Longo Prazo, pela determinação do evento máximo provável
em um período relacionado com o planejamento
da área que será atingida (hazards area).

1.2.16. INTERVENÇÃO

Corresponde às medidas executadas com o objetivo de alterar as características de um fenômeno (evento) afim de diminuir sua ação ou propor às modificações produzidas em um elemento para diminuir sua vulnerabilidade. Assim, a redução da magnitude e frequência de um evento são devido às intervenções nas suas características. A redução ao mínimo possível das perdas materiais (modificação da resistência ao impacto de um elemento) é um conjunto de medidas estruturais relacionadas à diminuição da vulnerabilidade física. A regulamentação do uso do solo, as medidas de emergência e a educação pública são medidas não estruturais relacionadas às vulnerabilidades física e funcional.

2.-DESENVOLVIMENTO REGIONAL E A IMPORTÂNCIA DOS CONHECIMENTOS SOBRE O MEIO FÍSICO

2.1- Considerações Gerais

O desenvolvimento de uma região, para ser considerado equilibrado, deve propiciar uma relação adequada (positiva) entre os seres humanos e o meio ambiente em função da organização do sistema produtivo (gerador das atividades antrópicas) e das necessidades sócio-econômicas. Para que este pressuposto seja atingido, o planejador deve considerar as seguintes condições:

- as limitações dos meios físico e biológico,
- a razão custo/benefício deve sempre ser inferior a 1,
- há necessidade crescente de espaços e de produtividade com o tempo,
- que a maioria dos recursos naturais não são renováveis,
- que as mudanças que deverão ocorrer com o tempo e que alterarão as características iniciais,
- a existência de locais que estão sujeitos a riscos naturais ou aos riscos induzidos e
- as formas de ocupação que alteram o meio físico de maneira cumulativa e irreversível.

Estas condições raramente são consideradas nos processos de planejamento no BRASIL , principalmente as que dependem dos estudos sobre o MEIO FÍSICO (Geológico-geotécnicas).

O mapeamento do meio físico deve promover o conhecimento das principais variações espaciais dos seus componentes, assim como as covariações ou não dos seus atributos, para que seja possível atender às condições acima.

2.2-Planejamento

Apesar de todas as discussões sobre meio ambiente, desenvolvimento e qualidade de vida, raramente se considera o princípio destes aspectos, que é o processo de planejamento. Entende-se que o ato de planejar seja a adoção de um conjunto de decisões baseadas em características técnicas do meio ambiente, nas necessidades da sociedade e nos fatores operacionais para uma dada região.

Qualquer decisão de planejamento, que considere informações parciais, sobre o meio ambiente, conduzirá a um desequilíbrio que implicará no aumento dos custos, na diminuição dos rendimentos e no esgotamento e destruição dos recursos naturais.

Na Figura 4, observa-se um fluxograma básico para o desenvolvimento do processo de planejamento. Nota-se que há necessidade de informações oriundas de diferentes campos de estudos (natureza da informação), obtidas por mecanismos diferentes e com significados muito particulares, mas que devem propiciar ao planejador um nível de conhecimento mínimo da região em termos de documentos básicos (mínimos) (Tabela 3) e das decisões adequadas. Na Figura 4 e Tabela 3, pode-se observar a importância dos estudos do meio físico, seja nos aspectos relativos às limitações ou às vantagens, para um determinado tipo de ocupação. Todas as informações devem ser balanceadas e relativas dentro de uma sistemática final de análise, que considere as características de cada metodologia utilizada no processo de planejamento e ocupação. Segundo McDonic (1987), o

planejamento do uso do meio ambiente é uma decisão que deve ser tomada por conselhos de profissionais (aquipes) das diferentes áreas de conhecimento.

O processo de planejamento pode ser desenvolvido para 2 situações básicas:

- Regional - quando a região considerada envolver extensões superiores a 500 km² e um agrupamento de diferentes tipos de ocupação (rurais, regionais e urbanas).
- Urbana - quando envolve os centros urbanos e as respectivas zonas de expansão.

Estas situações não condicionam a escala dos documentos básicos a serem utilizados, pois a urbana pode caracterizar-se como regional, em função da sua extensão territorial e dos tipos de ocupação.

É fundamental salientar que o processo de planejamento exige uma sequência de etapas (Figura 4) com a elaboração de documentos específicos que orientarão na definição e implementação de planos.

Qualquer que seja o nível de detalhe do processo de planejamento do meio ambiente, é fundamental a etapa relativa à coleta, produção e interpretação das informações. Nesta etapa se realizam os estudos dos componentes do meio ambiente (meio físico, meio biológico, meio antrópico e relações), e portanto fonte dos documentos básicos que orientarão o uso e a ocupação, assim como possibilitarão o desenvolvimento das etapas seguintes

do processo e as tomadas de decisões administrativas mais adequadas.

De posse dos documentos sobre o meio físico que retratam o meio físico, é possível analisá-los e utilizá-los na definição ou solução dos seguintes processos de decisão que constituem parte do ato de planejar:

Plano Diretor

Entende-se que seja o conjunto de orientações responsável pelo direcionamento do crescimento dos centros urbanos, buscando o melhor aproveitamento dos espaços e suas características. É fundamental considerar que a grande maioria das formas de ocupação (Tabela 2) relativas aos centros urbanos provocam mudanças do meio físico e portanto exigem informações que são de caracter geológico-geotécnico, possíveis de se obter a partir do mapeamento do meio físico.

Atributos Seletivos Limitantes

De posse das informações do meio físico, é possível avaliar se existem atributos ou mesmo um componente que inviabilize um ou mais tipos de ocupação, embora a grande maioria dos outros sejam favoráveis.

Previsão de possíveis alterações provocadas pelas atividades antrópicas

(impactos ambientais, riscos, etc.)

O equilíbrio do meio ambiente pode ser modificado por

diversas ações antrópicas e que são agrupadas em 3 categorias quanto ao tempo de ocorrência dos efeitos:

- Rápida - quando a implementação provoca mudanças em curto espaço de tempo; como nos movimentos de terra para instalação dos parques habitacionais ou industriais.

- Lenta - quando a ação antrópica altera em longo período de tempo e não modifica visualmente e normalmente não são observadas pelas pessoas, como exemplo cita-se as contaminações das águas ou do solo.

- Gradual - quando o problema decorre de uma ação antrópica que é desenvolvida de maneira parcial, como os loteamentos que vão impermeabilizando a área no decorrer das construções, consequentemente aumentando a taxa de escoamento superficial e as áreas sujeitas às inundações.

Econômico

O desenvolvimento regional deve propiciar uma razão positiva entre os rendimentos (econômicos e sociais) e os custos; a otimização desta razão só é possível quando cada forma de ocupação aproveitar, ao máximo possível as vantagens do meio físico.

Mapeamentos Específicos

Os mapeamentos específicos são fundamentais em qualquer região, visto que devem ser realizados de forma a avaliar a região ou toda parte dela, em termos de necessidades

particularizadas, como é o caso da vulnerabilidade de aquíferos.

Investigações locais e/ou específicas

A implementação de um tipo de ocupação dá-se em diversas etapas, que exigem informações com diferentes níveis de detalhe, sendo:

- Gerais - são as informações que definem a viabilidade e as suas possíveis relações com as outras formas de ocupação (distribuição), assim como as áreas que são mais favoráveis. Os documentos sobre o meio físico caracterizam-se como a fonte mais eficiente de informações para todos os tipos de ocupação, mesmo quando na fase de implantação.

- Locais - são informações necessárias à fase final de implementação dos tipos de ocupação e que influenciam diretamente na escolha da área, nos cuidados técnicos e operacionais que devem ser tomados, quanto aos recursos tecnológicos necessários ao projeto construtivo. O mapeamento do meio físico pode orientar esta fase de investigação em diversos aspectos, tais como na amostragem, na escolha dos equipamentos mais eficientes e nos procedimentos mais indicados.

Fiscalização

A fiscalização é a etapa responsável por avaliar se o processo de planejamento de uma região está sendo obedecido, mas para que possa ser realizada, são necessários códigos regulamentadores baseados nas características do meio ambiente, e para todas as condições referentes à ocupação, à orientação e à

proteção. Para que a fiscalização seja executada efetiva e eficazmente, é necessário que o processo de planejamento seja desenvolvido integralmente, inclusive com a produção dos documentos referentes a fase de implementação dos planos (Figura 4).

Figura 4 - FLUXOGRAMA PARA DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO

INFORMAÇÕES DESEJADAS (MÍNIMAS) (Modificada de Keller, 1981)		
COMPONENTES	BÁSICAS GERAIS	ESPECÍFICAS
População e Fatores Sócio-econômicos	1. Análise das informações existentes	1. População/taxas de imigração/necessidades educacionais 2. Fatores que favorecem o desenvolvimento econômico da obra e estrutura de mercado)
Uso atual da Terra	Mapeamentos generalizados das diferentes categorias	Mapeamento detalhado envolvendo inventários de cada elemento
Planos; Regulamentações; Fiscalizações	1. Listagens e sumários 2. Descrição dos mecanismos de aplicações	1. Análise detalhada do impacto dos planos e fiscalizações sobre os modelos de desenvolvimento. 2. Avaliação detalhada da adequabilidade e grau de aplicação da fiscalização.
M E I O F I S I C O	1. Limitações Físicas	- Qualidade das águas - Qualidade do ar - Áreas adequadas ao turismo
	2. Áreas frágeis	- Vulnerabilidade dos diferentes grupos de elementos.
	3. Áreas com potencial para recursos naturais	- Áreas para irrigação - Áreas para parques industriais, residenciais, etc.
Equipamentos comunitários atuais	- Serviços de águas - Estação de tratamento, etc - Escolas, Hospitais - Vias de transporte - Porcentagem de uso dos equipamentos acima.	- Análises detalhadas relacionadas aos equipamentos comunitários, como: condutos para água, esgoto, telefone, águas pluviais, etc...
Demanda futura para: população, economia, equipamentos para a comunidade, outras necessidades.	- Identificar as tendências e fatores que podem controlar as demandas. - Avaliar se há condição para atender a demanda em termos de recursos do meio ambiente.	- Detalhar as estimativas por categorias específicas: comercial, residencial, industrial. - Detalhar os custos para atender as estimativas de demanda.
Fauna Flora	- Áreas preservadas - Ecossistemas a serem protegidos - Áreas que devem ser reflorestadas com espécies "adequadas".	- Estudos detalhados das áreas, ecossistemas e espécies.

Tabela 3 - DOCUMENTOS E INFORMAÇÕES FUNDAMENTAIS PARA O PLANEJAMENTO

3-IMPACTO AMBIENTAL

3.1-Conceito

Impacto ambiental negativo é o resultado de atividades de desenvolvimento ou de qualquer evento perigoso, que impossibilita a ocupação (uso), deteriora bens e serviços, que são ou poderão ser úteis para os seres humanos.

A avaliação dos impactos ambientais negativos é uma etapa fundamental no planejamento da ocupação de uma área, assim como nos processos de implantação dos diferentes tipos de ocupação, reorganização territorial (regional e urbana) e no gerenciamento das atividades antrópicas.

A análise e avaliação do grau do impacto deve se basear em todas as informações sobre o tipo de ocupação a ser implantado, o "hazard", os elementos e o meio ambiente. Portanto há necessidade de estudos globais sobre o meio ambiente e conhecimento das exigências dos tipos de ocupação e/ou das características dos eventos perigosos (hazards).

3.2-MODIFICAÇÕES DO CONCEITO DE IMPACTO AMBIENTAL

Para entender a evolução do conceito de impacto ambiental, pode se recorrer a três bibliografias básicas que são: Leopold et al (1971), Luttig (1987) e Hermelin (1991).

Figura 5 - Fluxograma do conceito de impacto ambiental (modificado de Hermelin, 1991).

Na Figura 5, observa-se um fluxograma que permite entender a evolução do conceito de impacto ambiental:

- 1- Segundo a proposta de Leopold et al (1971) os passos D e F não eram considerados e nesta situação as características do meio ambiente tinham pouca importância no processo de análise.
- 2- Luttig (1987) e Hermelin (1991) adotaram a base de Leopold et al (1971) e acrescentaram as características do Meio Ambiente (passos D e F).

3.3-FONTES E RELAÇÕES DO IMPACTO AMBIENTAL

Na análise dos possíveis impactos ambientais que podem ocorrer, devem se considerar alguns aspectos básicos como: fontes, tipos de efeitos, tempo de aparecimento, modificações que podem surgir e quais os objetos destas ações. As relações destes aspectos com o impacto podem ser observadas nas Figuras 6 e 7. e delas pode-se concluir que a análise de possível impacto é fundamental no processo de gestão ambiental, sempre visando o aumento da razão de rendimentos, a melhor qualidade de vida e a diminuição de custos dos processos de ocupação territorial. Nas Tabelas 4, 5 e 6 podem ser observados alguns tipos de impactos ambientais negativos provocados pela exploração mineral, de águas subterrânea e superficial, agropecuária e silvicultura.

Figura 6 - Quadro que demonstra as relações causas e efeitos dos impactos ambientais.

Figura 7 - Fluxograma básico que relaciona as fontes de informações, os objetivos operacionais (BASE) e os objetivos finais da avaliação dos impactos.

MI NE RA ÇÃO	ENERGÉTICOS Petróleo Carvão Gás	-Escapes -Explosões -Subsidência	-Poluição do solo e água -Poluição do ar -Destruição da vegetação -Modificações inadequadas dos terrenos
	RADIOATIVOS	-Grande quantidade de rejeitos -Rejeitos radioativos	-Cortes -Modificações das vertentes -Incêndios subterrâneos -Contaminação do ar, solos e águas
	METÁLICOS		-Alterações nos fluxos das águas -Uso de explosivos -Uso abusivo de águas -Áreas extensas(uso)
	NÃO METÁLICOS	-Grande quant.rejeitos -Uso constante de explosivos-(BRITA) -Assoreamentos (Areia e Argilas).	-Subsidências

Tabela 4 - Alguns tipos de impactos ambientais negativos que podem ser provocados pela mineração.

Tabela 5 - Alguns tipos de impactos que podem ser provocados pela exploração de águas subterrânea e superficial, agropecuária e silvicultura.

1. Modificações no Ambiente Natural
 - Variação da cobertura vegetal dos terrenos
 - Modificações dos ecossistemas
 - Alterações do regime de águas
 - Barulhos
 - Vibrações
 - Visual da paisagem
2. Variações no uso da terra
 - Edificações
 - Abertura de terrenos (preparação)
 - Depósito de lixo
 - Linhas de energia
 - Polidutos
 - Barragens, drenagens e
 - Estradas, pontes e escoramentos
3. Extração e Processamento
 - Cortes e aterros
 - Dragagem, desmonte e perfuração
 - Perfuração de poços e remoção de fluidos
 - Aberturas e escavações subterrâneas
 - Estocagem, classificação e carregamento
4. Disposição dos Rejeitos
 - Colocação dos rejeitos
 - Descarga de efluentes
 - Disposição de lubrificantes
 - Emissão de gases pelas chaminés e exaustores
5. Variações no Sistema de Transporte
 - Estradas de acesso
 - Esteiras para transporte de material
 - Dutos
6. Acidentes
 - Explosão
 - Fogo
 - Vazamentos e derramamentos

Tabela 6 - Aspectos da extração mineral que provocam mudanças no meio ambiente (modificada de Dias Moreira, 1992).

3.4-NÍVEIS DOS IMPACTOS

Os elementos do meio ambiente (naturais e antrópicos), que estão sujeitos aos impactos ambientais negativos, podem ser atingidos com diferentes intensidades, consequentemente sofrerão diferentes alterações. Estas podem ser cumulativas ou não, perceptíveis a olho nú ou com equipamentos de precisão, recuperáveis ou não, com tempo de aparecimento curto ou longo. Devido a estas condições, é possível classificar os níveis dos impactos em classes que reflitam as modificações, as possibilidades de recuperação e os custos.

Classes de impactos

Incipiente - significa que as alterações sofridas pelos elementos do meio ambiente são totalmente assimiladas e as alterações não provocarão problemas, no futuro, no sistema produtivo e/ou no equilíbrio ambiental.

Esta classe de impacto reúne problemas visuais (estéticos) e alterações periódicas dos elementos auxiliares (como interrupções dos serviços de transporte). Os custos para se corrigir as alterações decorrentes não compensarão em termos de rendimentos.

Sensível - Inclui todos os tipos de impactos ambientais negativos que podem atingir os elementos do meio ambiente, podem afetar parcialmente o sistema produtivo. Os impactos desta classe podem ser previstos e evitados com o uso de: recursos tecnológicos; modificações conceituais no projeto de ocupação; e adaptações do projeto as possíveis limitações do meio ambiente.

As alterações ambientais podem ser corrigidas, mas os custos superam os rendimentos que podem ser proporcionados pela correção.

Um exemplo de impacto desta classe pode ser o acréscimo de impurezas sólidas inertes no sistema de águas superficiais, afetando temporariamente a população.

Desfigurante - Os impactos desta classe provocam modificações que afetam o sistema produtivo e o equilíbrio ambiental, assim como o processo de planejamento e a ocupação no futuro.

Os impactos sobre os elementos do meio ambiente provocam alterações que são observadas com grande facilidade e podem ser corrigidas, porém os custos serão altos. Nesta classe, os impactos devem ser evitados e corrigidos, quando for possível, mesmo com as dificuldades que poderão surgir. Como exemplo, tem-se as explorações minerais de areias e argilas, as indústrias com emissão de poluentes, os aterros sanitários, etc.

Os impactos desta classe podem ser recuperados em curto ou longo prazo, considerando-se que 5 anos é um prazo curto em termos de recuperação.

As modificações provocadas pelas atividades antrópicas relacionadas a esta classe podem chegar ao nível seguinte (desastre) se medidas corretivas não forem adotadas.

Desastres - Corresponde a impacto que provoca destruição ou degradação total dos elementos do meio ambiente; mesmo que haja possibilidade de recuperação, o custo é similar ou maior que o da implantação. Como exemplo, tem-se os escorregamentos, os

desmontes com explosivos, as contaminações de aquíferos e solos, os vazamentos de polidutos.

3.5-ANÁLISE DO IMPACTO AMBIENTAL

3.5.1-FASES DE IMPLANTAÇÃO

A análise dos possíveis impactos provocados pelas atividades antrópicas pode ser executada para três fases:

1-Durante o planejamento

É a fase adequada, pois podem ser considerados os seguintes pontos:

- as relações com outras formas de ocupação,
- os artifícios tecnológicos que devem ser empregados na implementação das obras
- a intensidade e a probabilidade de ocorrerem impactos em cada fase da implantação,
- as medidas mitigadoras e de monitoramento

2-Após a escolha do local.

Mesmo que tenha sido feita é necessário considerar, na análise, se:

- existe projeto construtivo e não há mais possibilidades de mudança de local,
- existe projeto construtivo e podem ser feitas modificações
- não há projeto construtivo e podem ocorrer adaptações quanto ao local.
- há projeto construtivo, mas requer mudanças de local, tal o nível do impacto

Seja no caso "a" ou "b", a importância da análise do impacto ambiental será fundamental para decidir sobre os recursos tecnológicos, que devem ser adotados em termos de corrigir as possíveis limitações do local.

3-Durante ou após a implantação

Nesta condição, a atividade antrópica já teve seu início e a análise de impacto ambiental poderá orientar:

- a correção parcial dos problemas,
- a desativação,
- o redirecionamento,
- a implantação de medidas mitigadoras e
- a recuperação de áreas impactadas.

Para que o resultado seja o mais eficiente possível, devem ser considerados todos os componentes do meio ambiente, com o adequado detalhamento.

Na Figura 8, pode-se observar todas as fases do processo, assim como os componentes que devem ser considerados e as relações entre eles. A Figura tem por finalidade orientar as etapas que devem ser obrigatórias em qualquer processo de avaliação ambiental, em cada etapa devem ser adotados os métodos e procedimentos mais adequados para o caso.

Figura 8 - Organograma básico para orientar a avaliação dos possíveis impactos ambientais negativos.

3.5.2-PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE

INTRODUÇÃO

A avaliação dos impactos ambientais deve ser realizada através de procedimentos que permitam considerar os diversos aspectos (construtivos, meio ambiente, etc) envolvidos. Assim, não há um mecanismo específico para determinada condição, mas, devem ser consideradas mais de uma para cada tipo de ocupação ou situação de impacto. Tal procedimento permite uma análise mais completa, segura e imparcial do problema, sendo aconselhável a elaboração de cada mecanismo por equipe específica.

Qualquer que seja o mecanismo de análise, é fundamental considerar:

1- avaliação do conjunto de componentes do meio ambiente (principalmente físico e biológico);

2- a identificação qualitativa e quantitativa das possíveis mudanças a que o meio pode estar sujeito devido à ação antrópica, determinando suas intensidades

3- avaliar as alterações do meio que podem variar em espaço e tempo a partir da fonte básica do impacto,

4- as análises por diferentes procedimentos e comparar os resultados,

5- não considerar apenas as informações que foram hierarquizadas e balanceadas, pois a análise pode sofrer interferências devido a importância relativa das informações,

6- a forma de obtenção das informações, sua significância, como estão registradas e quais apresentam alta covariação,

7- as características das ações antrópicas a serem desenvolvidas,

8- a possibilidade de utilização de modelos matemáticos para prever possíveis problemas, levando em conta sempre a qualidade das informações usadas (INPUT),

9- que a avaliação Ambiental é um procedimento de abordagem puramente científica e que não permite estabelecer "um fator de segurança" para os resultados orientados da análise pois estas terão que ser comparadas por um período longo quando da possível necessidade de monitoramento,

10- que a análise ambiental, assim como ocorre com o processo de planejamento, só pode ser executada por equipe multidisciplinar, com profissionais competentes tanto na "produção" como na análise das informações.

Segundo Nichols e Hyman (1982), os mecanismos de análise ambiental devem considerar as seguintes características básicas:

1- as condições probabilísticas dos efeitos naturais, visto que as relações ambientais causa-efeito não são determinísticas porque são controladas por fatores aleatórios,

2- os efeitos indiretos e cumulativos, que são devidos as particularidades do meio e aos "feedback" (negativos ou positivos),

3- os efeitos ambientais dinâmicos, visto que as mudanças podem ocorrer em curto ou longo período de tempo e, ao longo deste, variar em direção, magnitude e a intensidade;

4- a avaliação do meio ambiente segundo os múltiplos objetivos e conseqüentemente avaliando todos os seus componentes,

5- a distinção entre fatos e valores, separando os de maneira que não haja faixas obscuras que tornem o processo um ato de conflito,

6- utilização e análise dos dados técnicos originários de diversas fontes,

7- exame da eficiência, dos gastos, do tempo e dos objetivos finais,

Há uma grande quantidade de publicações sobre os mecanismos de avaliação dos impactos ambientais, sendo que mais completas as de Nichols e Hyman (1982), de Dias de Moreira (1992), de Canter (1977), de Dee et al (1973), de Kane et al (1971) e do Ceotma (1984), que forneceram os subsídios para elaboração deste tópico referente aos seis conjuntos de procedimentos mais conhecidos.

1-CONSULTORES

Normalmente, são convidados especialistas de diversos campos de conhecimento com o objetivo de avaliar o trabalho em curto espaço de tempo e as informações sobre o meio ambiente que foram obtidas. Ao montar a equipe de consultores, é necessário que os especialistas tenham pleno conhecimento sobre a atividade (ocupação ou evento) e as características do meio ambiente da região em estudo.

É possível obter excelentes resultados deste método quando existir anonimato entre os membros e a equipe é coordenada com objetivos específicos e claros.

O exemplo de aplicação mais conhecido é o método de Delfos criado na década de 50 e bem descrito por Linstone e Turoff

(edts), 1975 do qual pode-se observar a seguir o fluxograma básico:

2-AVALIAÇÃO BASEADA EM LISTAGENS DE FATORES E ATRIBUTOS

Destaca-se como um dos mecanismos mais utilizados e que se caracteriza por fornecer, aos técnicos, uma listagem com todos os aspectos do meio ambiente, que devem ser considerados nos processos de análise dos impactos ambientais.

As listagens podem ser de:

-Controle básico - Composta somente pelos aspectos básicos e os atributos que lhe servem para obtenção da magnitude dos impactos e são úteis para uma avaliação global da área de influência, do tipo de ocupação ou evento perigoso; podem também ser considerados todos os atributos de um determinado sistema (Ex.: tipo de bacia hidrográfica).

-Controle combinado - Esta condição reúne aspectos ambientais e situações que devem ser analisados para avaliar as possibilidades de impactos ambientais positivos ou negativos (como exemplo: para a análise de possível contaminação do solo, utiliza-se como aspecto de avaliação o tipo de lançamento ou disposição dos resíduos).

-Controle classificatório - Esta condição permite examinar a intensidade do impacto devido às diferentes alternativas do projeto, pois para cada fator considerado do meio ambiente é dado uma classe de valor. Assim, no final da análise, é possível determinar qual a alternativa mais favorável, seu problema é não criar níveis de classificação que extrapolem ou não considerem a realidade. Para evitar esta situação é fundamental a experiência da equipe de técnicos.

-Controle classificatório ponderado - Acrescenta, ao mecanismo de controle classificatório, um grau de importância de cada impacto, o que permite melhor examinar o impacto negativo

dentro da realidade do meio ambiente.

Apesar de ser criticado por não considerar as relações causa-efeito para os tipos de ocupação e suas interferências sobre o meio ambiente, este mecanismo é muito eficiente no direcionamento geral das análises, pois permite uma visão global de toda a área que poderá ser afetada.

3-MATRIZES

É o procedimento que busca a avaliação das alternativas sobre os componentes do meio ambiente considerando o possível processo de ocupação.

As matrizes permitem considerar a interação entre, 2 listagens (bidimensionais) ou 3 listagens (tridimensionais), podem considerar aspectos desde muito simples até complexos e dentre os tipos mais conhecidos destacam-se as de Leopold et al (1971) e Fisher e Davies (1973) e Nowicki Caudin (1976).

As matrizes bidimensionais podem ser classificadas como de:

Atividades x Atividades: é utilizada principalmente para avaliar se uma atividade a ser implantada interfere no desenvolvimento de outras, sendo importantes nas considerações sobre os diferentes tipos de atividades que serão executadas em um centro urbano em função do planejamento (Plano Diretor adotado).

Atividades x Elementos: permite avaliar como as atividades interferem nos elementos do meio ambiente, e assim, pode se estimar a vulnerabilidade de cada elemento frente à cada atividade.

Elementos x Elementos: é matriz destinada a analisar como um fator pode influenciar outros e com que magnitudes, como exemplo:

Elemento Elemento	Aumento do caudal das fontes naturais	Aumento dos processos de sedimentação
Elevação do nível freático	Sim	Não

-De ordenação - é elaborada para auxiliar na hierarquização de zonas de uma determinada região, frente a um tipo de ocupação. Como exemplo, pode-se montar uma matriz destinada a escolher a zona mais adequada para instalação de um terminal de derivados de petróleo, ou seja, aquela que combinaria fatores mais favoráveis com menores impactos.

Adequabilidade Nível do impacto	Boa	Razoável	Mínima
Muito Alto	2 ^a		
Alto			
Médio			
Baixo		1 ^a	

4-REDES DE INTERAÇÃO

São mecanismos que permitem diagnosticar os impactos indiretos e suas relações através da combinação de fluxogramas,

diagramas, gráficos e aplicação de conhecimentos de lógica e assim entender uma possível sequência de efeitos devidos a um processo de ocupação que poderão ser cumulativos ou não e ocorrer em um período longo de tempo, porém sem prever quando ocorrerá cada efeito no tempo.

5-SUPERPOSIÇÃO DE DOCUMENTOS GRÁFICOS

Este mecanismo teve sua origem nos trabalhos de Tricart (1966) e McHarg (1969) e foi aplicado para as mais diferentes necessidades de conhecimento do meio ambiente.

As críticas que a ele são feitas referen-se sobre à subjetividade, à quantificação da intensidade do impacto, à integração dos impactos sócio-econômicos, à dinâmica do meio ambiente e advem basicamente da falta de análise ou da inexistência de informações registradas.

A superposição não é um ato puro de determinação de "zonas" com tipos de problemas, mas sim a avaliação de como a heterogeneidade de cada "zona" interfere no processo de ocupação e portanto pode gerar impactos. Este mecanismo deveria exigir que as informações sejam selecionadas, analisadas e classificadas antes da superposição. Na atualidade, usa-se recursos computacionais para o emprego deste procedimento, porém os resultados deixam a desejar quanto às variações dos atributos consideradas.

Segundo os especialistas, os modelos (matemáticos e de simulação) permitem introduzir nas análises o fator tempo, ou seja, podem representar a dinâmica da área em questão. Apesar desta grande vantagem é fundamental destacar que tal resultado somente é obtido quando há um conhecimento amplo e preciso dos atributos do meio ambiente, o que praticamente não ocorre no Brasil.

A necessidade de se conhecer bem os atributos e suas variações que refletirão o meio através do modelo e indicarão o possível impacto, demonstra claramente a importância do mapeamento global (do meio ambiente). Além do mais a dinâmica do meio em questão só é considerada para uma determinada condição de contorno.

Nas Tabelas 7 e 8 podem-se observar os principais tipos de procedimentos e modelos, respectivamente. Estas devem ser utilizadas na análise da Tabela 9, onde há uma matriz que expressa o número de fatores e o grau considerado por cada tipo de procedimento.

1-Consultores

2-Avaliação baseada em listagens de fatores

3-Matrizes

4-Redes de interação

5-Superposição de documentos gráficos (cartas e mapas)

6-Modelos

Tabela 7 - Principais grupos de recursos para avaliação de impactos ambientais.

- 1-Método de Delfos (Luistone & Turoff, 1975)
- 2-Matriz de Nowicki - Caudin (1970)
- 3-Matriz de Leopold (Leopold, 1971)
- 4-Matriz de E.T.S. de Ingenieros de Montes
- 5-Método de McHarg (McHarg, 1969)
- 6-Metland (Metropolitan Landscape Planning Model)
- 7-Environmental Quality Assessment Methodology (U.S. Bureau of Reclamation)
- 8-Water Resources Assessment Methodology (U.S. Army Corps of Engineers)
- 9-Environmental Evaluation List System (Dee et al, 1971)
- 10-Goals-Achievement Matrix (Hill, 1968, 1973, 1974).
- 11-Surrogate Worth Tradeoff Method (Harvard Water Program, 1962)
- 12-Applied Decision Analysis (Keeney e Raiffa, 1976)
- 13-Adaptive Environmental Assessment (Holling et al, 1978)
- 14-Sorenson's Network Analysis (Sorenson, 1976)
- 15-Kane Simulation Model (Kane, 1973)
- 16-Threshold of Concern List (Sassaman, 1981)
- 17-Impact (Thor et al, 1978)
- 18-Método de Fisher e Davies (Fisher e Davies, 1973)

Tabela 8 - Principais mecanismos de análise de impactos.

Mecanismos Fatores Considerados	* Tabela 8																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Recurso Utilizado Tabela 7	1	3	3	3	5	5	3	3	2	3	4	4/6	1	4	6	2	4	3
Considera a probabilidade dos efeitos naturais	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	S	S	N	N	N	P	N
Aspectos dinâmicos do meio ambiente	P	N	N	N	N	N	N	N	N	-	-	-	S	P	S	P	S	N
Considera as diferenças entre fatos e valores	P	N	N	N	N	P	S	P	N	S	P	S	P	N	-	P	P	N
Múltiplos Objetivos	N	N	N	N	N	N	N	S	P	S	S	S	P	P	-	N	P	N
Possibilidade de análise de impactos indiretos	P	N	N	N	N	N	P	P	P	P	P	P	S	S	P	N	S	N
Permite a participação da sociedade	N	P	N	N	N	P	P	N	N	S	P	N	P	N	P	P	P	N
Tempo e gastos requeridos	S	S	S	S	P	N	P	N	P	N	N	N	N	P	P	S	P	S
Apresentação dos dados	P	P	P	P	S	P	P	S	S	P	P	P	S	P	N	N	S	P

* 1, 2, ... , 18 - Métodos listados na Tabela 8

S - Satisfatório
P - Parcialmente
N - Não considera

Tabela 9 - Principais mecanismos de avaliação de impactos ambientais e fatores considerados.

4-GEOLOGIA AMBIENTAL X GEOTECNIA AMBIENTAL

Atualmente, dois campos de atuação junto ao meio físico vem se destacando, a geologia ambiental e a geotecnia ambiental, termos propostos respectivamente por Hacket (1967) e por Moh (1977).

O objeto de estudo destes campos são os problemas diretamente relacionados ao meio físico, oriundos dos processos de ocupação, da ocorrência de eventos perigosos, da exploração de recursos naturais e das alterações dos processos naturais, principalmente quando estas alterações se caracterizam como situações de riscos.

Como bibliografia básica poderiam ser citadas inúmeras publicações, porém algumas se destacam como as de Ueshita e Sembennelli (1981), Morgenstern (1985), Ter Stepanian (1985), Cendrero (1992), Wolf (1992), Keller (1981), Lundgren (1986) e Flawn (1970).

Em termos de atuação e preocupação, a geologia se envolve com problemas ambientais a mais de 100 anos como observa nos trabalhos de Kingsley (1887) e Ami (1900). Na grande maioria das publicações após 1980, parece ocorrer uma superposição entre os dois campos, o que trás confusões quando se tenta definir as etapas de atuação de cada área de conhecimento, talvez o limite possa mesmo não existir em muitos casos.

Na Tabela 10, observa-se as principais fases de estudo na previsão, controle ou correção dos problemas que são os objetos de estudos da geologia e da geotecnia ambientais.

A geologia e a geotecnia ambientais normalmente se associam

na resolução dos problemas, mas pode-se considerar que a geologia ambiental é mais regional e preventiva, voltada ao diagnóstico, à caracterização, à avaliação, à classificação e à extensão dos problemas, enquanto a geotecnia ambiental é mais restrita em área (local) e específica, direcionando os recursos operacionais para evitar, recuperar ou controlar os problemas.

A Figura 9, apresenta as principais fontes de conhecimentos aos dois campos de estudo, onde se observa a importância das disciplinas de geologia de engenharia, de geologia estrutural, dos processos geológicos, da geomorfologia, do fluxo das águas e da climatologia, que normalmente se caracterizam como as fontes de informações básicas.

Tabela 10 - Relações entre tipos de problemas x fontes x etapas de estudos x geologia ambiental x geotecnica ambiental.

Figura 9 - Disciplinas que fornecem os fundamentos básicos à geologia ambiental e à geotecnia ambiental.

5.1. Aspectos Gerais

Os estudos ou trabalhos de avaliação de impactos ambientais, implantação de obras de engenharia, de desenvolvimento do planejamento territorial, de exploração dos recursos naturais e da avaliação dos possíveis riscos tem como base os componentes do meio físico (relevo, rochas, materiais inconsolidados, águas e suas relações com as condições climáticas), assim é de fundamental importância o conhecimento prévio das características do meio físico.

O nível de conhecimento sobre o meio físico dependerá de quão geral ou específico for o "problema" ou objetivo em questão, assim as informações devem ter seu caráter (qualitativo ou quantitativo) mais detalhado ou não em função das características de cada situação em estudo.

Desde o século passado, discute-se a importância das informações do meio físico e uma das questões sempre presente foi a relativa ao "artifício" que melhor representaria as suas variações em termos dos componentes e em espaço tridimensional.

A solução desta questão teve início em 1913 (Peter, 1966) quando foram apresentados documentos gráficos, por Langen, na feira de construção de Leipzig (Alemanha) que foram úteis para orientar as Construções nas cidades de Erfurt, Danzig e outras. A partir deste evento, o artifício foi desenvolvendo em forma com acréscimo de novas informações, análises diferenciadas e detalhes

em função das escalas; tendo recebido diversas denominações, tais como:- engineering geological maps (em países de língua inglesa), cartes geotechniques (na França), carte de geologia tecnica (na Italia), Iuzenyrsko Geologicka Mapa (na Tchecoslovaquia), iugenieurgeologische karte (na Alemanha), environmental geological maps, soil and subsoils maps (U.S.A., Canadá, África do Sul).

Todos os trabalhos apresentados a partir de 1913, apesar das diferentes denominações, tem em comum um conjunto de ações que são: obtenção, avaliação, análise e classificação das informações (atributos) do meio físico. Além disso, foram e são utilizados para as mais diferentes finalidades de ocupação do meio físico nos diversos países.

No Brasil, duas correntes de trabalhos tem exercido grande influência, a de língua francesa (cartographie geotechnique) e a dos países de língua inglesa (engineering geological mapping), induzindo as denominações de cartografia geotécnica e mapeamento geotécnico, respectivamente.

5.2. Conceitos Básicos e Princípios Gerais

a seguir apresenta-se os três conceitos mais conhecidos, assim como uma proposta apresentada por ZUQUETTE (1987).

"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)

"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)

Zuquette (1987) após a análise dos diferentes grupos de trabalhos que abordam conceitos e metodologias, considerou-se que mapeamento geotécnico é um conjunto de ações que pode ser entendido como: "Um processo que tem por finalidade básica levantar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico, sejam geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos e outros; tais informações deverão ser manipuladas de maneira tal que possam ser utilizadas para fins de engenharia, planejamento, agronomia, saneamento e outros. As informações devem ser manipuladas através de processos de seleção, generalização, adição e transformação, para que possam ser relacionadas, correlacionadas, interpretadas e, no final, representadas em mapas, cartas e anexos descritivos, sempre respeitando os princípios básicos que regem a execução do mapeamento geotécnico" conforme Thomas (1970).

São feitas, a seguir, algumas considerações sobre os princípios gerais que devem nortear o Mapeamento Geotécnico:

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

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

-limitar o número de atributos a serem considerados em cada documento, de maneira a resguardar a fidelidade do mapa;

-respeitar a finalidade desejada e apresentar as informações

por meios de comunicações.

2 -Deve-se considerar o mapa geotécnico como um documento temporário e que é susceptível de ser enriquecido por outras informações periodicamente. Todos os dados 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 considera-lo como um auxiliar ou um indicativo para a escolha adequada de uma dada figura de reconhecimento. Não se trata de auxílio a um programa de investigação, pois o custo de um mapeamento geotécnico deve ser baixo em relação a esse programa sempre que possível, os dados devem ser levantados a partir de trabalhos já realizados, complementados com investigações de campo (inclusive com o uso de trados ou penetrômetros alternativos) e ensaios laboratoriais simples ou alternativos.

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

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

-avaliar quais serão os usuários e as limitações do estudo, bem como a precisão dos resultados obtidos.

5 -Ao se 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;

-para uma gama mais ampla de usuários e quando cada usuário selecionará os atributos que desejar.

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

Comentários Específicos

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

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

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

-o mapa geotécnico deve facilitar a resolução de problemas referentes à engenharia e/ou planejamento,

-as informações devem ser fornecidas de maneira que possam ser utilizadas por usuários não especializados em geotecnia, sempre que possível,

-as informações devem ser obtidas e analisadas por um grupo de profissionais, ou então por um profissional com experiência nas áreas exigidas, para se atingir a finalidade do mapa,

-a geotecnia, principalmente o mapeamento geotécnico, está diretamente ligado à vida de um grande número de pessoas,

-o mapeamento geotécnico tem envolvimento com o governo (legislativo, judiciário e executivo) sendo este o seu usuário fundamental,

-os usuários, às vezes, não conhecem a metodologia científica,

-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 os critérios que denotem interesse, precisão, criatividade e avaliação, conforme se discute a seguir:

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

decisão em termos 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 informações contidas num mapa geotécnico, sem extrapolar 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. A informação será clara para o usuário quando a sua transmissão e o seu 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 ser simples, ocupar pouco espaço, expressar claramente a descrição e ou classificação dos atributos (objetos) e suas relações, precisão e outras propriedades.

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 desenvolvimento em termos de finalidade. 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 consultar um mapa geotécnico, poderá ser induzido a fazer uma falsa avaliação do mesmo.

Uma das causas mais comuns é a falta de conhecimento tanto da área retratada pelo mapa quanto informações registradas. Ao analisar e utilizar um mapa geotécnico, o usuário deverá estar esclarecido sobre alguns pontos tais como:

- para qual finalidade o mapa foi elaborado;
- qual a relação entre informações x escala;
- poder de transmitir os resultados obtidos com o mapeamento geotécnico, e
- quais são as fontes das informações (dados).

Conceitos Cartográficos

Estes conceitos foram elaborados a partir de conceitos cartográficos puros associados às finalidades do mapeamento geotécnico:-

-Mapa Geotécnico - é uma representação dos atributos do meio físico levantados, sem realização de análise interpretativa e

sempre para escalas inferiores a 1:10.000. Ex: Mapa topográfico e geológico.

-Planta geotécnica - é a representação gráfica realizada em escalas grandes, maiores que 1:5.000, normalmente voltada para locais onde serão executadas obras específicas.

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

5.3. Breve Estado da Arte

Alguns trabalhos foram desenvolvidos nos primeiros 30 anos deste século e direcionaram a elaboração dos processos de mapeamento geotécnico. A seguir, serão fornecidos detalhes de alguns trabalhos específicos e após será relatado o desenvolvimento desta técnica de mapeamento através de procedimentos aplicados em alguns países.

5.3.1-Trabalhos Específicos

Como já foi dito os mapas geotécnicos tiveram seu início em torno de 1913, porém a fase mais criativa deu-se durante as décadas de 40 e 50 e a proliferação, em termos de trabalhos, na segunda metade da década de 60 e na de 70.

Antes do surgimento dos mapas propriamente ditos, algumas regiões já se preocupavam com o conhecimento do meio físico sobre

os quais se assentavam.

Desde os primeiros anos deste século, vem-se discutindo sobre a importância da cooperação entre geólogos, engenheiros e outros profissionais relacionados ao meio físico, para que informações geológico-geotécnico sejam levantadas e tenham utilidade no desenvolvimento da área em questão.

O exemplo mais conhecido é o da cidade de Nova Iorque (in Legget, 1964) que em 1902, teve publicado, pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos, um relato geológico com a finalidade de geologia urbana; com a continuidade do estudo até 1905 publicou-se o trabalho intitulado "A configuração da superfície do substrato rochoso de Nova Iorque", baseado em mais ou menos 1400 sondagens. Outras cidades e regiões também tiveram preocupações neste sentido, tais como:

Boston, que em 1914 teve publicado pelo jornal da Sociedade de Engenheiros Civis de Boston um artigo de Worcester sobre "Fundações em Boston".

Winnipeg - Canadá, onde foi montada pelo Instituto de Engenharia do Canadá, em 1937 uma comissão para investigar:

1. porque são encontradas dificuldades nas fundações,
2. os melhores métodos para reparação de construções defeituosas e
3. os projetos mais adequados para fundações de novas estruturas.

Nova Orleans, em 1934, onde houve preocupação com a recompilação dos dados sobre fundações.

Praga, cidade em que as condições geológicas complexas condicionavam o seu desenvolvimento. Diversos estudos foram

realizados e o primeiro mapa para este fim foi elaborado por Kodyn e Matjka (1929) (Apud) na escala 1:12.000.

Em outras diversas cidades no mundo, houve preocupação em se realizar estudos para conhecer as suas limitações e vantagens do meio físico. Assim, Langen, em 1913, (Apud Peter, 1966), apresentou um conjunto de plantas anexadas aos projetos de desenvolvimento das cidades de Erfurt, Frankfurt sur Oder, Dantzig e outras. Referiam-se, através de símbolos e cores, às áreas inundáveis com variações do lençól freático e aos locais ativos ou abandonados de extração de materiais para construção. Em anexo, acompanha uma nota explicativa sobre as perfurações executadas, tanto para fins geotécnicos como para águas.

Diversos procedimentos concorreram para o desenvolvimento do que viria a ser o mapeamento geotécnico propriamente dito, através de técnicas para melhorar o conteúdo e a representação gráfica e, dentre eles podem ser citados:-

1. O método de Moldenhawer - 1919

Baseado na conversão da carta geológica da Vila de Dantzig em uma carta geotécnica, este método tem grande valor histórico, pois embasou as técnicas modernas. O autor dividiu os terrenos em função da profundidade e apresentou os resultados em dois tipos de mapas, um localizando as sondagens e outro o mapa geotécnico propriamente dito, assim como continuou a sua atualização até 1926.

2. O método de Stremme - Ostendorff

Stremme (1932) publicou um conjunto de cartas produzidas por Ostendorff, que tratavam de geologia e geotecnia.

As cartas geológicas se referiam a problemas relativos a materiais de construção, águas e condições dos terrenos (obedecendo o esquema de Moldenhaner, delimitando em função da profundidade). A carta geotécnica estabelecia de uma maneira sintética, as taxas de trabalho admissíveis e as possibilidades de escorregamentos.

3. O esquema de Muller (1938)

Este profissional realizou trabalho na comunidade de Mark e publicou um mapa geológico de afloramentos, uma carta de terrenos adequados a construção (portanto interpretativa), uma carta de planificação, além de outras, usando cores e sinais para diferenciar as unidades, suas características e seus componentes.

4. O método de Groschopf (1951)

O trabalho foi realizado na região de Ulm, com o propósito de caracterizar principalmente um tipo de representação gráfica.

O mapa geológico apresenta os materiais aflorantes representados por cores e os do substrato rochoso por letras. fornece também duas cartas, sendo uma com as diferentes taxas de trabalho do solo e a outra com as velocidades de recalques.

5. Metodologia de Gwinner (1956)

A base das idéias do autor foram desenvolvidas sobre o trabalho realizado na Vila de Gotturgen, tornando-se o primeiro a pensar em termos de unidades geotécnicas, apoiando-se na proposta de Terzaghi de interação dos dados de propriedades físicas e comportamento mecânico dos solos com as condições geológicas.

As condições de fundação, os teores de águas, as possibilidades de tratamento e as taxas de trabalhos terrenos, são analisadas para cada situação. É interessante destacar a

legenda usada pelo autor, que define as diferenças entre as unidades, expressas em zonas:-

1. zonas de fundações diretas e sem recalques,
2. zonas onde a consistência e a compacidade aumentam com a profundidade,
3. zonas de terrenos soltos ou com alternância de camadas duras e brandas,
4. zonas com possíveis escorregamentos e
5. não diferenciadas na carta.

O autor elaborou uma ligação entre os dados físicos e geológicos, de tal maneira que tornaram-se úteis aos engenheiros. Este trabalho representa efetivamente o ponto de mudança das cartas comuns para as cartas geológicas aplicadas a engenharia ou cartas Geotécnicas.

6. A classificação de Benz (1951)

Trata-se de trabalho realizado na Vila de Stuttgart, também baseado na subdivisão das áreas em zonas, usando para isto os princípios dos ensaios da mecânica dos solos e examinando as camadas em vista da capacidade de suporte para construção.

7. O sistema de Graupner

Refere-se a trabalho que apresenta um sistema composto de 3 pares de cartas e fichas, sendo que cada par foi usado para um fator (sondagem, hidrologia e zonas de construção), tendo adotado escalas em torno de 1:10.000 no estágio de reconhecimento urbano e 1:1000 na solução de problemas específicos.

8. O método do "Cadran" (Quadrante)

Foi proposto em 1956, por Wawser, Rieger e Hille da Escola Superior de Minas em Freiberg, e apresenta o método do quadrante do relógio, onde as suas divisões referen-se às variações de diversas características dos componentes do meio físico, tais como espessura, profundidade do nível de água.

5.3.2-Procedimentos em alguns países

EX-TCHECOSLOVÁQUIA.

Dentre todos os países considerados é o mais representativo na contribuição ao desenvolvimento da cartografia geotécnica, principalmente através dos trabalhos de Pasek, Rybar, Zebera, Matula, Zaruba e outros.

O mapeamento geotécnico foi iniciado por Zebera (1947) e o seu trabalho teve como característica básica a representação dos materiais pelo sistema de bandas largas, em termos da profundidade e não da espessura das camadas. Este sistema foi o pioneiro na representação da terceira dimensão, que ainda é muito usado na atualidade, após modificações feitas por Pasek e Rybar que consideraram os seguintes fatores: morfologia, estabilidade dos terrenos, dados hidrológicos, propriedades físico-mecânicas dos solos e rochas. Foram produzidos os seguintes documentos:

1. Mapa Geológico apresenta dados até 10m de profundidade, quer sejam materiais rochosos ou inconsolidados.

- a. Substrato as rochas, quando existirem nestes 10m de profundidade, podem ser representadas por cores que diferenciam

suas naturezas. Os limites entre as cores são os limites litológicos. No caso de mais de uma camada, a representação é feita por símbolos.

b. Materiais superficiais são representados por zonas coloridas, que mudam de tonalidade em função da espessura. No caso de mais de uma camada, o sistema usado é o de "Bandas Largas", idêntico ao usado por Zebera, 1947.

2. Carta de Documentação

3. Carta de Divisão Geotécnica

4. Fichas e Tabelas

Simek (1959), professor de Geologia da Academia de Praga, propôs melhoramentos no método desenvolvido até então, considerando um número maior de dados compreendidos nos seguintes mapas: geológico, hidrogeológico, de documentação, de interpretação geral, fichas e tabelas.

Também usou o sistema de bandas largas, com algumas modificações normalmente em seus trabalhos, são apresentadas três categorias de terrenos, na forma de zonas: favoráveis, aceitáveis e desfavoráveis, usadas algumas vezes, para um vetor específico ou junto à carta de unidades geotécnicas.

Segundo Matula (1971) os métodos desenvolvidos pelos autores citados acima são muito empregados na Ex-Tchecoslovaquia com modificações nas formas de representação. Um mapa geotécnico com finalidade geral, na escala 1:25.000, compilado por Matula e Pasek (1966), foi aprovado pela Comissão de Geotecnia da antiga Comunidade dos Países do Leste Europeu (COMECON, 1966), tendo sido muito utilizado como base para os trabalhos realizados nos

outros países que faziam parte da mesma comunidade.

POLÔNIA

O desenvolvimento foi mais acentuado após a 2ª Grande Guerra, estando relacionado com o desenvolvimento industrial, de obras e com a necessidade de ocupação regional. Um mapa geotécnico geral, em escala pequena, foi compilado e publicado por Malinowski (1957). A partir deste trabalho, mapas mais detalhados nas escalas 1:50.000 a 1:25.000, foram realizados, tendo porém como base trabalho posterior de Malinowski (1968) e sempre para áreas previamente selecionadas.

Mapas em escalas grandes foram realizados, principalmente para sítios especiais, por Slochlak (1969) e Lozinska, Stepień e Slochlak (1970, 1979).

Ex-U.R.S.S.

A partir de 1930 já existiam trabalhos relativos aos mapas geotécnicos, principalmente devido à atuação de Sergeev, Popov e outros geólogos; que definiram o rumo básico para as suas realizações. O trabalho que deu início a todo o desenvolvimento foi realizado por Popov et al (1950) com o título de "Técnicas de compilação de mapas de geologia de Engenharia", tendo servido de base para os trabalhos de Golodkovskaya et al (1968), Churinov et al (1970), Kotlov (1974), Komarov, Ter Stepanian (1970), Melvikov (1979) e outros.

Baseia-se na idéia de que materiais gerados em mesmas condições paleogeográficas e tectônicas (formações), e com mesma evolução geológica terão propriedades idênticas e condições geotécnicas similares.

Na Ex-U.R.S.S., os mapas geotécnicos em escalas pequenas

foram usados na planificação do território, assim como na avaliação da sua proteção dos mesmos contra os efeitos das ações antropogenéticas. Existe o predomínio de 3 tipos de mapas: geotécnico geral, zoneamento geotécnico e geotécnico especial.

Há um mapa geotécnico de toda a Ex-U.R.S.S., compilado na escala 1:2.500.000, bem como mapas de partes do território nas escalas 1:1.000.000, 1:500.000, 1:100.000 e maiores, produzidos em função dos recursos naturais, da importância econômica e do conhecimento técnico das áreas mapeadas.

YUGOSLÁVIA

Inicialmente, como em outros países, os mapas geotécnicos foram desenvolvidos empiricamente. Antes da 2ª Grande Guerra não havia cartas geotécnicas, tendo sido desenvolvidos principalmente devido a necessidade de reconstrução do País. Por volta de 1955, um grupo de cartas foram realizadas em função dos projetos hidro-energéticos.

Janjic (1971) elaborou um mapa com base nos dados geológicos e geotécnicos existentes, na escala 1:500.000. Muitos outros mapas, nas escalas 1:25.000 a 1:50.000, foram realizados no período de 1956 a 1962, baseados na "classificação" de geologia de engenharia das diferentes rochas. A partir de 1966, foram adotadas as instruções internacionais da Comecon (1966) e as cartas geotécnicas em escalas 1:50.000, mais recentes, baseiam-se na geologia, geomorfologia, na hidrogeologia, na sismologia, na documentação geotécnica existente e no reconhecimento de campo. As cartas denominadas de sinópticas geotécnicas, na escala 1:100.000, são realizadas para uma determinada situação e lugar;

as cartas geotécnicas detalhadas, na escala 1:25.000 ou maior, são realizadas em sítios específicos e são similares às "especiais" de outros países. Os trabalhos de Janjic e Stepanovic revelam a importância do mapeamento geotécnico no planejamento das regiões urbanas e rurais do País.

BULGÁRIA

Como em outros países da Ex-Comecon, possui um mapa geotécnico geral na escala 1:500.000, realizado por acadêmicos do "Strasimir Dimitrov", liderados por Kamenov (Apud in Janjic, 1971). Um dos pioneiros dos trabalhos de Mapeamento Geotécnico no País foi Lazar, 1961.

HUNGRIA

A partir de 1957, mapas de solos para construções foram realizados em Budapest e outras cidades, na escala 1:10.000. O Instituto Geológico compilou um mapa geotécnico para todo o país na escala 1:200.000.

Outros trabalhos, na escala 1:50.000, foram iniciados em 1964, com diversas finalidades (Ozoray, 1966). Posteriormente, mapas geotécnicos foram realizados com base nas instruções unificadas da Comecon (1966), com finalidades as mais variadas possíveis, realizados por Karacsonyi e Falu (1974), Karacsonyi e Remenyi (1974), Karacsonyi e Schener (1974), Karacsonyi e Beruath (1979), Kleb (1979) e outros.

EX-REPÚBLICA DEMOCRÁTICA ALEMÃ

Como todos países do Leste Europeu, também tem seus mapas geotécnicos baseados nas instruções da Comecon (1966) e sempre apresentados por um conjunto de folhas. Os trabalhos mais conhecidos são os de Bachman e Renter (1962) e de Handel (1962),

ambos na escala 1:5000, os de Bachman, Marquardt e Renter (1962) na escala 1:25.000 e o de Bachman e Renter (1968), na escala 1:50.000.

FRANÇA

É um dos países em que mais houve contribuição em termos de técnicas e trabalhos. Os estudos iniciais foram realizados pela B.R.G.M., sendo seguidos pelo L.C.P.C. (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) e pelos centros universitários e alguns particulares, como se observa em (Peter (1966), Bus e Colas (1968), Sinard (1973), Gigan (1973) e Cojean (1975)). Após as primeiras tentativas as cartas foram destinadas aos planos de ordenamento do uso e ocupação do solo.

Após a análise de uma série de trabalhos Sanejouand, L.C.P.C. elaborou a publicação "A Cartografia Geotécnica na França", em 1972, onde pode-se observar uma forte ligação com os trabalhos produzidos na Ex-Tchecoslovaca.

Em 1967, foi sancionada a Lei de Orientação à construções, que regulou o uso do meio físico, como pode se observar nos trabalhos de Olivier e Camboly (1979), Porcher e Guillope (1979) e outros. Com base nesta lei, foram criados os S.D.A.U. - (Schémas Directeus d'Aménagement et d'Urbanisme) que tem por finalidade orientar o ordenamento do território e as extensões das aglomerações urbanas. Além deste órgão foram criados os P.O.S. - "Plans d'Occupation de Sols", que são os responsáveis pela aplicação dos S.D.A.U., fixando as regras gerais e as possibilidades de construção, chegando até à proibição. Para cada zona, são determinados os níveis das obras, assim como as devidas

proteções, fazendo com que os projetos sejam sempre analisados pelo S.D.A.U. ou pelo P.O.S., inclusive quanto às situações geológicas-geotécnicas existentes. Há, na França, uma preocupação com todos os níveis do processo de ocupação, sendo que a Metodologia Zermos (zonas expostas aos riscos de movimentos de solo e subsolo), complementa as considerações de Sanejouand e é aplicada em zonas com instabilidade dos materiais do meio físico (probabilidade de riscos).

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Não existe uma metodologia padrão, que seja empregada tanto para planejamento quanto para fins mais específicos, sendo que os mapas geotécnicos propriamente ditos foram iniciados por volta de 1960, como pode-se observar em Radbruch (1968).

Os mapas geotécnicos são obtidos por derivações dos mapas geológicos convencionais, tendo o sistema evoluído para a realização de um conjunto de mapas, cada um voltado para um fator de interesse (Eckel, 1951), e estes mapas de fatores levaram a confecção dos de aptidão. Os estudos da Baía de São Francisco, de Santa Clara e Los Angeles são os mais tradicionais.

É muito comum a realização de seções cruzadas associadas a uma ou mais tabelas com os dados das propriedades de engenharia e físicas das respectivas unidades mapeadas. As vezes são confeccionadas grandes tabelas com as características geotécnicas das formações, normalmente denominadas de "Textos Tabulares", como observa-se nos trabalhos de Pewé (1958), Schlokes, Bonilla e Radbruch (1968). O País todo está praticamente mapeado na escala 1:7.500.000, em um conjunto de folhas, derivado das respectivas folhas geológicas de mesma

escala.

AUSTRÁLIA

Em fins da década de 1950, deu-se início à interação entre geologia e engenharia e com o trabalho de Grant (1965) ocorreu o desenvolvimento do uso de informações geotécnicas para o planejamento territorial, culminando com o sistema P.U.C.E. (Patern, Unit, Component, Evaluation), baseado em dados predominantemente geomórfico, porém associados a outros tipos de dados como os de solos e em diversas escalas. Atualmente grande parte do território já está cartografado, em diferentes escalas e para os mais diversos fins. Inicialmente nas cidades de Sydney, Melbourne, Adelaide - Busbane e Camberra, os mapas geológicos foram interpretados de tal forma a fornecer dados sobre: fundações, materiais para construção, vias de transporte, águas e outros fins.

INGLATERRA

O nível de desenvolvimento dos mapas geotécnicos é muito grande, devido ao fato que o País encontra-se mapeado geologicamente, quase na totalidade, em escala grande próxima a 1:10.500. Assim com os mapas geológicos bem detalhados, não existem muitas dificuldades para a realização de mapas geotécnicos. Quando se trata de mapa e/ou planta deve-se necessariamente fornecer dados numéricos com possibilidades de serem tratados estatisticamente.

Os trabalhos pioneiros foram realizados em Belfast, na escala 1:21.000, por Basley (1971) e em Milton Keynes, na escala 1:25.000, tendo como parte mais interessante a tabela de características geotécnicas por Cratchley e Denness (1972), muitos outros trabalhos foram desenvolvidos, como pode-se observar em Dearman e Fookes (1974).

5.4-NO BRASIL

5.4.1-Trabalhos realizados

A elaboração de trabalhos de mapeamento geotécnico, no Brasil, teve início nos anos de 1965-1966 com o Professor Haberlehner, na Universidade Federal do Rio de Janeiro e que teve sua publicação no 20^o Congresso Brasileiro de Geologia de Porto Alegre.

A partir deste, diversos trabalhos foram desenvolvidos, atingindo um nível mais intenso após o ano de 1988. Atualmente, diversos grupos vem desenvolvendo atividades neste campo, tais como: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (SP); Departamento de Geotecnia-E.E.S.C./USP; Departamento de Geologia-U.F.R.J.; Instituto Geológico (SP); Departamento de Geotecnia (UNB); Departamento de Geologia-FFCLRP/USP; Departamento de Geologia-UFG; Universidade Federal de Pernambuco; Universidade Federal de Alagoas; Universidade Federal do Paraná; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), assim como outros grupos estão em fase muito inicial.

A seguir, na Tabela 11, apresentam-se os trabalhos mais significativos relacionados ao mapeamento geotécnico, não tendo sido consideradas as publicações decorrentes dos desmembramentos de trabalhos básicos, visto que o interesse principal é a análise dos trabalhos completos.

Da análise deste grupo de trabalhos, pode-se afirmar que:

- o número ainda é muito pequeno, mas representam basicamente quatro linhas metodológicas, a saber:

- 1- Trabalhos desenvolvidos segundo metodologias e sistemáticas oriundas de outros países,
- 2- Trabalhos executados de acordo com os pressupostos da proposta de Zuquette (1987),
- 3- Trabalhos que possuem o título de mapeamento ou cartografia geotécnica, mas são transformações pouco aprofundadas de trabalhos de geologia básica e que às vezes não apresentam um único atributo a nível que possa ser utilizado pelos usuários.
- 4- Aqueles trabalhos que foram desenvolvidos, mas em seu bojo, não há referência à aspectos metodológicos e após análise enquadram-se na metodologia da I.A.E.G., que é muito ampla.

- o detalhamento apresentado de maneira geral ainda é incipiente (considerando as escalas) e

- Há pouca discussão metodológica, devido ao pouco questionamento dos seguintes aspectos:

- eficiência dos documentos,
- representação das variações na 3ª dimensão,
- conteúdo x escala,
- controle do conteúdo,
- eficiência e custo das investigações subsuperficiais.

Nos anexos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, são apresentados como exemplo alguns documentos gráficos, resultantes de trabalhos desenvolvidos junto ao Departamento de Geotecnia E.E.S.C./USP.

Autor	Ano	Região	Escala	Aspectos abordados Critérios	Objetivos
Haberlehner	1966	Cidade do Rio de Janeiro	1:10.000 ou maior	Geológicos Estruturais	Orientação da ocupação
Heine	1966	Estado da Guanabara	1:5.000	Geológicos Estruturais	Orientação da ocupação
Grehs	1967	Sta. Cruz do Sul- RS	1:20.000	Geológicos estruturais - Mat. inconsolidados	Instabilidade de Encostas
Grehs	1970	Projeto Sudoeste - RS		Geológico-Geotécnico Vegetação-Drenagens	Barragens
Coulon	1974	Morretes e Montenegro	1:30.000	Geológicos - Geotécnicos Materiais incons.	
Pellerin	1974			Formações Superficiais	Planejamento
Prandini	1976			Geológicos	Planejamento territorial e urbano
Zaratin	1976			Fisiográficos	Desenvolvimento urbano e regional
Santos	1975			Geotécnicos	Cartografia Geotécnica
Prandini et alii	1978	Morros de Santos e São Vicente	1:5.000	Geológico estruturais geomorfológicos	Escorregamentos
Prandini et alii	1978	Canal do Rio Tietê-Osasco-Guarulhos	1:25.000	Geológicos-Geomorfológicos	Cartografia Geotécnica
Constanzo jr. et alii	1978	Santa Maria-RS	1:50.000	Geológicos-Geotécnicos	Planejamento
Maciel	1977	Santa Maria-RS		Geológicos-Geotécnicos	Caracterização Geotécnica
Lima	1977			Meio Físico	Planejamento
Castelo Branco	1976			Geologia	Ocupação
Oliveira	1978			Formações Superficiais	Planejamento Territorial
Prandini et alii	1978	Osasco-Guarulhos		Metodológicos	Cartografia Geotécnica
Cabral	1979	Baixada Jacarepaguá	1:10.000	Geológicos-Geotécnicos	Planejamento
Carvalho	1979	Ouro Preto - MG	1:25.000	Geológicos-Geotécnicos	Escorregamento
Seignemartin	1979	Ribeirão Preto-SP	1:20.000	Geológico	Planejamento
Seignemartin	1979	Americana-SP		Geológicos-Geotécnicos	Planejamento

Carvalho	1987	Ouro Preto (MG)		Geológico-Estrutural	Escorregamento
Vechiatto	1987	Cuiabá (MT)	1:50.000	Geológico-pedológico	Planejamento urbano
UFAL	1987	Maceió (AL)	1:10.000	Geológico-Geomorfológico	Escorregamento
Zuquette	1987	Campinas (SP)	1:50.000	Geológico-Geotécnico-Estrutural	Planejamento e metodologia
IPT	1988	Petrópolis(RJ)	1:20.000	Geológico Estrutural	Escorregamentos e movimentos de massa
IPT	1988	Guaratinguetá	1:20.000	Geológico Estrutural	Escorregamentos
IPT	1988	Serra do Mar (SP)	1:50.000	Geológico Estrutural	Escorregamentos
IPT	1988	Santos e Riacho Grande (SP)	1:25.000	Geológico Estrutural	Escorregamentos
Copedê	1988	Leste Paulista		Formas de relevo	Planejamento de obras civis
Ferreira	1988			Banco de dados	Mapeamento Geotécnico
Silva e Fornasari	1988			Meio físico	Questões Ambientais
Godoy	1989	Presidente Prudente (SP)	1:25.000	Geológico-Geotécnico	Planejamento
Aguiar	1989	São Carlos (SP)	1:20.000	Geológico-Geotécnico	Planejamento urbano
Merico	1989	Brusque (SC)		Geológico-geomorfológico-geológico estrutural	Estabilidade de Encostas
IG	1989	Sorocaba (SP)	1:50.000	Geológico Geomorfológico	Planejamento urbano
IPT	1989	Guarujá (SP)	1:20.000	Geológico-Geomorfológico-Estrutural	Escorregamentos
Ferrante	1990	Bacia do Auto Jacaré-Guaçu (SP)	1:50.000	Geológico-Geomorfológico	Planejamento regional
Biollo	1990	Araras (SP)	1:50.000	Geológico-Geotécnico	Planejamento
IG	1990	Itú (SP)	1:50.000	Geológico-Geomorfológico	Planejamento urbano
Lollo	1990	Leme (SP)	1:50.000	Geológico-Geotécnico	Planejamento
Maretti	1990	Iguape, Cananéia (SP)	1:50.000	Geológico-Geomorfológico-Estrutural	Planejamento
Bongiovanni	1990	Paraguacú Paulista (SP)	1:50.000	Geológico-Pedológico-Geomorfológico	Caracterização Geotécnica
Silva Jr e Barroso	1990	Litoral- Rio de Janeiro		Geológico-Geomorfológico-Estrutural	Escorregamento
Coutinho et alii	1990	Recife (PE)	1:20.000	Geológico-Geotécnico	Escorregamento

Rosa	1980	Grande São Paulo		Geológicos-Geotécnicos	Planejamento
Assis	1981			Meio Físico	Desenvolvimento Regional
Carlsbron Fo.	1981	Passo Real - RS		Material Inconsolidado	Erosão
Zuquette	1981	São Carlos	1:50.000	Geológico-Geotécnico	Planejamento
Ávila et alii	1982	Alto Paraíba		Geológico-Geotécnico	Escorregamento, erosão, assoreamento
Atas et alii	1982			Meio Físico	Planos diretores
Baugmgratt-Doné et alii	1982	Vale Jequitinhonha MG		Geológico-geomorfológico	Barragens
Prandini	1982	Ribeira do Iguapé		Meio Físico	Uso e ocupação
Barroso e Cabral	1984	Petrópolis e Itaipava	1:50.000	Geológico	Materiais naturais de construção
Cottas	1984	Rio Claro(SP)	1:20.000	Geológico-Geotécnico	Planejamento urbano
Dias et alii	1984	Porto Alegre(RS)		Geológico-Geotécnico-Pedológico	Cartas geotécnicas
Ferrante e Gandolfi	1984			Foto-interpretação	Planejamento integrado
IPT	1984	Grande São Paulo	1:20.000	Geológico-geomorfológico	Erosão, escorregamento
Lino et alii	1984	Petrópolis(RJ)		Geológico-Geotécnico	Ocupação
Pedroto e Barroso	1984	Saquarema-Mareza(RJ)		Geológico-Geotécnico	Planejamento
Zuquette e Gandolfi	1984	Cuiabá (MT)	1:50.000	Geológico-geomorfológico	Planejamento
IPT	1985	Metropolitana de São Paulo	1:50.000	Geológico-Geomorfológico	Erosão, escorregamento, assoreamento, enchentes
Zuquette	1985			Mapeamento Geotécnico	Revisão bibliográfica
IPT	1985	Itapevi(SP)	1:10.000	Geológico-Geomorfológico-Estrutural	Escorregamentos
IPT	1986	Cajamar (SP)	1:20.000	Geológico	Subsídências
IPT	1986	Estado de São Paulo	1:50.000	Geológico	Erosão
Taveira	1986	Campinas (SP)	1:50.000	Geológico-Geomorfológico	Ocupação
IPT	1987	Cubatão (SP)	1:25.000	Geológico-Geomorfológico-Estrutural	Movimentos de massa
Pejon	1987	Araraquara (SP)	1:25.000	Geológico-Geotécnico	Planejamento

Regoneto e Barroso	1990	Florianópolis (SC)		Meio físico	Ocupação
Prandini et alii	1990	Casa Branca (SP)	1:50.000 1:10.000	Meio físico	Planos diretores
Cerri	1990			Carta Geotécnica	Metodologia
Fornasari Fo. et alii	1990			meio físico	impacto ambiental
Genovois et alii	1990	Recife (PE)		Geotécnicos	Banco de dados
IPT	1990	São Paulo (SP)	1:400	Geológicos-Estruturais- Geomorfológicos	Escorregamentos, enchentes, inundações
IPT	1990	Carapicuíba (SP)	1:5.000	Geológicos- Geomorfológicos- Estruturais	Escorregamentos
IPT	1990	Vale do Ribeira (SP)	1:100.000 1:20.000	Geológicos- Geomorfológicos- Estruturais	Erosão, subsidências, escorregamentos
IPT	1990	Guaratinguetá (SP)	1:500	Geológicos- Geomorfológicos- Estruturais	Escorregamentos
IPT	1990	Ubatuba (SP)	1:25.000	Geológicos- Geomorfológicos- Estruturais	Escorregamentos
IPT/UFMS	1990	Campo Grande (MS)	1:20.000	Geológicos- Geomorfológicos- Estruturais	Erosão, inundações
Zuquette e Gandolfi	1990			Mapeamento Geotécnico	Planejamento urbano
IPT	1990	Baurú (SP)	1:20.000	Mapeamento Geotécnico	Erosão urbana
Zuquette	1990	Ribeirão Preto (SP)	1:100.000 1:12.500 1:50.000	Geológicos-Geotécnicos	Metodologia
IPT	1991	Cuiabá (MT)	1:25.000	Geológicos-Geotécnicos	inundações e recuperação
IPT	1991	Jacaré (SP)	1:100.000 1:25.000	Geológicos-Geotécnicos	Degradação de recursos hídricos
IPT	1991	Petrópolis (RJ)	1:50.000 1:20.000 1:10.000	Geológicos-Geotécnicos	Escorregamento
Nishiyama	1991	São Carlos (SP)	1:100.000	Geológicos-Geotécnicos	Planejamento regional
Zuquette et alii	1991	Campinas (SP)	1:200.000	Geológicos-Geotécnicos	Planejamento regional - metodologia
Zuquette et alii	1991	Ribeirão Preto (SP)	1:50.000	Geológicos-Geotécnicos	Inundações, escorregamentos
Nakazawa et alii	1991			Cartografia Geotécnica	Metodologia

Iwasa et alii	1991	Bacia do Rio Pardo (SP)	1:250.000	Geológicos- Geomorfológicos- Pedológicos	Erosão
Amaral e Amaral	1991	Rio de Janeiro	1:250.000	Geológicos-Estruturais- Geomorfológico	Escorregamentos
Nava e Ferreira	1991	Rio de Janeiro	1:25.000	Geológicos-Estruturais- Geomorfológicos	Escorregamentos
Pejon e Zuquette	1991	Campinas e Araraquara (SP)	1:50.000 1:25.000	Geológicos-Geotécnicos	Análise automatizada
IPT	1991	Santo André (SP)		Geológicos- Geomorfológicos	Expansão urbana
Lorandi et alii	1991	São Paulo (SP)	1:100.000	Pedológicos-Geotécnicos	Planejamento
Albrecht	1992	Águas de Lindóia (SP)	1:50.000	Geológicos- Geomorfológicos- Geotécnicos	Planejamento regional e urbano
Souza	1992	Aguaí (SP)	1:50.000	Geológicos-Geotécnicos- Geomorfológicos- Estruturais	Planejamento regional - metodológico
Pejon	1992	Piracicaba (SP)	1:100.000	Geológicos-Geotécnicos- Geomorfológicos- Estruturais	Planejamento regional - metodologia
Nakazawa et alii	1992	São Paulo	1:50.000	Geológicos- Geomorfológicos- Geotécnicos	Erosão , Assoreamento
Peloggia	1992	São Paulo	1:10.000 1:2.000	Geológicos- Geomorfológicos- Estruturais	Ocupação
Lopes e Barros	1992	Litoral Norte (SP)	1:50.000	Geológicos- Geomorfológicos	Planejamento
Souza et alii	1992	Estado de São Paulo	1:500.000	Geológicos- Geomorfológicos	Planejamento
Beattenmuller e Prado	1992	São Paulo	1:25.000	Geológicos- Geomorfológicos	Planejamento
Nishiyama e Zuquette	1992	Uberlândia (MG)	1:100.000	Geológicos- Geomorfológicos	Escorregamento, erosão
Zuquette et alii	1992	NE São Paulo	1:250.000	Geológicos- Geomorfológicos- Pedológicos	Erosão, inundaçao
Gruber	1993	Cosmópolis (SP)	1:50.000	Geológicos-Geotécnicos	Planejamento
Vecchiatto	1993	Cuiabá (MT)	1:25.000	Geológicos- Geomorfológicos- Geotécnicos	Metodologia

Nishiyama	Andamento	Uberlândia (MG)	1:100.000 1:25.000	Geológicos- Geomorfológicos- Geotécnicos	Planejamento regional e urbano
Liporaci	Andamento	Pinhal (SP)	1:50.000	Geológicos- Geomorfológicos- Geotécnicos	Planejamento regional e urbano
IG	Andamento	Campinas (SP)	1:50.000	Geológicos- Geomorfológicos	Planejamento
Moreira	Andamento			Geológicos-Geotécnicos	Banco de dados
Zuquette	Andamento	Franca (SP)	1:50.000	Geológicos-Geotécnicos- Geomorfológicos- Estruturais	

Tabela 11. Principais trabalhos desenvolvidos no Brasil

5.4.2 - PROBLEMAS PARA REALIZAÇÃO

O uso das informações sobre o meio físico para implementar os diferentes tipos de ocupação, planejar a exploração de bens naturais e evitar riscos decorrentes de eventos perigosos, em uma região, é uma necessidade que não deixa nenhum argumento para se discutir. Porém, no Brasil, o "meio físico" é pouco conhecido e as informações somente são utilizadas em situações muito específicas (pontuais), como as grandes obras de engenharia (normalmente para a fase de projeto) e na correção de problemas, nos locais que ocorreram movimento de massa (eventos perigosos).

Existem diversos aspectos sócio, econômico e culturais que afetam a realização dos mapeamentos geotécnicos no Brasil e que são decorrentes da não utilização dos documentos resultantes deste trabalho no uso e ocupação do meio físico, tais como:

1 - o processo de desenvolvimento não é planejado em nenhum nível da administração pública (federal, estadual e municipal), assim a ocupação de uma região é tipicamente imediatista.

2 - Os altos custos com as obras públicas e mesmo particulares não são questionados, visto que os técnicos dos órgãos públicos municipais normalmente são coniventes e os particulares não possuem dados reais para avaliar os custos de suas obras. O conhecimento sobre o meio físico poderia diminuir significativamente os custos, principalmente das obras públicas.

3 - Os documentos topográficos, que são básicos para o prosseguimento dos estudos sobre o meio físico, só existem em escalas adequadas em algumas regiões. Tal situação dificulta o

registro de informações e a elaboração dos mapeamentos geotécnicos em escalas maiores que 1:50.000.

4 - A degradação ambiental provocada pela implantação inadequada dos tipos de ocupação, é decorrente da falta de respeito as características do meio físico e à ausência de informações prévias, não são questionadas tecnicamente,

5 - A extensão territorial do Brasil dificulta os estudos contínuos em termos dos custos e tempo, além da necessidade de uma metodologia adequada às condições sócio-econômicas e às características do meio físico.

6 - Não existe uma orientação para que os resultados dos estudos pontuais sobre o meio físico sejam arquivados (banco de dados) para uso futuro, além das informações não serem localizadas adequadamente através de coordenadas geográficas.

7 - A maioria dos projetos para implementação dos tipos de ocupação não apresenta estudos prévios, onde se deveria definir a relação custo/benefício para a implementação e as limitações inerentes ao meio físico; frequentemente o contratante não apresenta capacidade para escolha da proposta mais adequada e para avaliação real dos custos.

8 - Normalmente, os profissionais envolvidos com a implementação das diferentes tipos de ocupação não sofrem fiscalização pelas associações profissionais e/ou pelos órgãos contratantes.

9 - Há profissionais que, não atendendo às limitações do meio físico, acabam por implementar tipos de ocupação em locais com condições desfavoráveis, disso resultando a possibilidade de mais "trabalhos futuros".

10 - Frequentemente, obras públicas são destinadas a empresas "certas", sem que realmente haja uma decisão de natureza técnica.

11 - As ocupações consideradas mais comuns, como loteamentos, obras desaneamento, etc., não são questionadas ou avaliadas corretamente pelos órgãos públicos responsáveis, como não são projetadas com base nas necessidades futuras.

12 - Em alguns ramos da ocupação, os projetos de obras são desenvolvidos com base em conhecimento obtido na prática (pessoal ou por empresas), sem que seja feita qualquer investigação do meio-físico, levando assim à reserva de domínio da área ocupada e a dificultando a fiscalização.

13 - É comum a utilização de informações técnicas obtidas empiricamente, sem realização de análise abrangente dos diversos componentes do meio-físico.

14 - Os administradores públicos em geral não possuem conhecimentos sobre os processos de planejamento, de implementação de ocupação, assim como não são obrigados a manter um plano de desenvolvimento de médio e longo prazo. Por estas razões, os conhecimentos sobre os componentes do meio ambiente não são considerados, a não ser quando da ocorrência de desastres de ordem geológica ou devidos as situações de perigo natural. Caso houvesse fiscalização séria dos administradores públicos, os mapeamentos geotécnicos seriam fundamentais como são em outros países e mais de 90% das perdas e danos seriam evitados, assim como os custos para implementar os diferentes tipos de ocupação seriam menores.

5.5- REPRESENTAÇÃO TRI-DIMENSIONAL

Após a análise de trabalhos executados pelas diferentes metodologias de avaliação do meio físico, observa-se que um dos problemas é relativo a apresentação em mapas e cartas das variações dos atributos com a profundidade.

A análise bibliográfica permite verificar que a representação tridimensional se faz por: isolinhas, bandas, hastes, faixas de valores e código alfanumérico, que serão tratados a seguir:

1-Representação por Isolinhas

É o mais conhecido sistema de representação tridimensional, que deve ser utilizado para atributos numéricos e com as equidistâncias entre as linhas adotadas mais adequadas em função das escalas dos documentos.

Este sistema exige: alta densidade de informações, representa um único atributo, a equidistância deve ser adequada ao uso futuro e o traçado das isolinhas exige aplicação de procedimentos de interpolações eficientes.

Este sistema é muito utilizado para representação de profundidades e espessuras totais e, como exemplo, pode-se observar o trabalho de Pejon (1987).

2- Representação por Hastes

É um recurso muito útil para representar as variações de zonas delimitadas e consideradas homogêneas em relação a um grupo de atributos. As hastes permitem a representação das variações

com a profundidade, misturando informações numéricas e pragmáticas. Como exemplo, cita-se o trabalho realizado por Pejon (1987) na cidade de Araraquara (SP).

3- Representação por Faixa de Valores

Este sistema normalmente é utilizado para informações numéricas em trabalhos em escalas menores que 1:20.000 e quando pode-se associar a representação valores de probabilidades de erro. É comum juntar informações pragmáticas ou combiná-lo com o sistema de Hastes e Bandas com bons resultados. Como exemplo do sistema pode citar os trabalhos de Zuquette e Gandolfi (1992), (figura 10); Aguiar (1991), Pejon (1992), Lollo (1991).

Mapa dos materiais inconsolidados:

- 1 - Residuais dos diabásios
- 2 - Residuais do arenito fino
- 3 - Residuais do granito e gnaisses
- 4 - Residuais dos argilitos e siltitos
- 5 - Residuais dos finos e diabásio
- 6 - Materiais com 50% de silte/argila e 50% de areia
- 7 - Residuais argilitos, siltitos e folhelhos
- 8 - Aluviões - N. A. < 2 m
- 9 - Materiais transportados (depressão)
- 10 - Materiais arenosos I
- 11 - Materiais arenosos II

A	Camadas	AR	textura predominante
B		3-5	2-4 - espessura (mín.-máx.)
C			S.P.T. (mín.-máx.)

Figura 10. Mapa de materiais inconsolidados - Região de Campinas (SP) - Escala 1:50.000 (ZUQUETTE e GANDOLFI, 1992).

4- Representação por Código Alfa-Numérico

Este sistema representa as variações do meio físico em profundidade por um conjunto de letras, números e símbolos e normalmente é elaborado para uma área considerada homogênea frente a um grupo de atributos.

Exige que as faixas de valores passem a ser referenciadas por um único símbolo (número, letras, símbolo) e um conjunto de classificação que funcione e defina muito bem as condições do meio físico. Como exemplos, têm-se os trabalhos produzidos pela metodologia PUCE (Austrália) e apresentados na figura 11 .

Provincia modelo

unidades

33 008 - 22

1 - 8 - 31

33 - Siluriano

008 - Oitava província do siluriano

22 - Modelo ou padrão com amplitude de relevo até 75m e 2 drenagem para 1,6km.

1 - Plana

8 - Variações na superfície > 10°

3 - Solos argilosos

1 - Vegetação rasteira (Grassland)

Figura 11 . Mapa da região de Thurgóo (in Grant, 1978) com representação por código numérico - New South Wales - Austrália, exemplo de representação alfa numérica.

5- Representação por Bandas

Permite representar todos os tipos de informações e foi proposto por Zebera (1947), sendo o artifício básico é a representação básica das grandes descontinuidades do perfil associadas aos seus atributos como apresentado na figura 12.

DISPOSIÇÃO DAS
CAMADAS

CÓDIGO

Figura 12 . Esquema de representação tridimensional por Bandas (Zebera, 1947).

Este sistema permite ser associado a todos os outros aumentos às possibilidades de representação.

Na figura 13 pode-se observar um exemplo da combinação de bandas com isolinhas na região de Mons (Debaille e Ghiste, 1969).

Nas figuras 14 e 15 observa-se a representação em Bandas utilizado por Dearman e Strachan Anne (1978) para a região de Tyne e Wear (Inglaterra).

Espessuras

- I - < 3 m
 III - 3 e 5 m
 V - 5 e 10 m
 X - 10 e 15 m
 XV - 15 e 20 m
 XX - > 20 m

Superposição

C	A
B	
C	

Isópacas

- 1ª camada (A)
 - - 2ª camada (B)
 ----- 3ª camada (C)

- - Giz de Trivières
 ▨ - Areias de Landénien
 ▩ - Giz de Spiennes
 ▤ - Giz de Nouvelles
 et d'Obourg

Figura 13 - Mapa geotécnico (Região de Mons) - Escala 1:10.000.
 Exemplo de documento que combina o uso de bandas com isolinhas.

Figura 15 - Blocos diagramas e respectivas bandas que servem de chave para o entendimento do mapa da Figura 14.

6. MAPEAMENTO GEOTÉCNICO: ELABORAÇÃO

6.1. REFLEXÕES PARA ELABORAÇÃO

O mapeamento geotécnico constituiu-se no processo que busca avaliar e retratar as características dos componentes do meio físico, assim como os possíveis comportamentos frente aos diferentes tipos de ocupação. Segundo Souza (1992), este é o meio mais apropriado para o exercício das geociências, enquanto área de aplicação, pois a sua elaboração passa pelo conhecimento dos fenômenos e processos da natureza que alteram as condições (dinâmicas) do meio físico.

O mapeamento geotécnico contempla o meio físico como um todo, com objetivo de avaliar suas limitações e seus potenciais. Por estes motivos, o mapeamento geotécnico caracteriza-se como um campo de interface de diversas áreas de conhecimento e as informações geotécnicas.

Os resultados obtidos através do mapeamento geotécnico depende da metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho. É importante lembrar que uma metodologia é um conjunto de conceitos, postulados técnicos, métodos, classificações, recursos tecnológicos de investigação e computacionais utilizados para desenvolver um estudo e que deve estar relacionado, as condições sócio econômicas vigentes, as características dos técnicos da região ou país e à densidade de informações existentes.

Como o objeto de estudo é o meio físico e suas relações, ao optar por um processo metodológico é fundamental considerá-lo como uma metodologia científica de investigação. Segundo Vargas (1985), a mais adequada para o estudo da natureza deve envolver uma combinação dos 3 métodos científicos, ou seja: o dedutivo indutivo e o experimental. Atendendo a estes pressupostos, Pejon (1992), considera que o mapeamento geotécnico deve ser um processo científico de investigação da natureza, que permite a obtenção de um produto tecnológico a ser utilizado, por exemplo, para o planejamento da ocupação de uma região. Assim, as investigações tecnológicas passam a estar fundamentadas cientificamente, o que propicia uma melhor compreensão dos fenômenos naturais.

Numa primeira fase, deve ocorrer a esquematização do problema a ser investigado, a definição de uma hipótese de trabalho ou uma conjectura, por simples que seja. No caso dos mapeamentos geotécnicos, consiste na definição dos atributos do meio físico que devem ser analisados, devido a sua importância, em função da interrelação com outros atributos e da finalidade do estudo.

A segunda fase deve ser indutiva e criativa, elaborando-se a teoria por meio das hipóteses indutivas. É a fase onde o raciocínio analógico ganha importância, levando a um processo classificatório (sem que haja dedução). No processo de mapeamento, tem-se a divisão da área em diversas unidades em função de propriedades e relações dos atributos previamente escolhidos. Estas unidades, por hipótese, representam zonas homogêneas quanto às características dos componentes do meio

físico analisados. Este pode ser considerado como o princípio básico do zoneamento geotécnico geral, amplamente utilizado em vários países do mundo.

Finalmente, a terceira etapa utiliza os métodos experimentais, onde as hipóteses ou conjecturas devem ser comprovadas. Desta forma, em um processo de mapeamento geotécnico, as zonas que foram delimitadas inicialmente, acreditando-se apresentarem propriedades semelhantes, devem agora ser comprovadas por meio de ensaios envolvendo, quando necessário, os métodos estatísticos.

Qualquer que seja o procedimento metodológico adotado, é fundamental que atenda as seguintes condições:

Os componentes do meio físico devem ser levantados, analisados, registrados e classificados tendo como objetivo a finalidade do trabalho, seja ele preventivo ou não, específico ou geral.

É fundamental que, ao optar por uma escala, o resultado cartografado possibilite o uso para fins compatíveis, como de viabilidade, projeto, construção, manejo, monitoramento, planejamento, etc.

Apesar do levantamento das informações até a aplicação de classificações caracterizarem-se como análise, os técnicos necessitam de conhecimento de síntese na fase final e que compreendem uma visão de conjunto e relações bastante aprimoradas sobre os componentes do meio físico e seus comportamentos frente aos tipos de ocupação. Assim, esta última condição permitirá uma solução mais adequada dos possíveis problemas, considerando a

interação do meio físico com o meio sócio econômico, problemas gerados e potenciais para prevenção, mitigação e até reorganização estrutural.

6.1.2 - PERSPECTIVAS FUTURAS

O desenvolvimento do mapeamento geotécnico no Brasil, nos próximos anos, deverá estar voltado para os seguintes aspectos:

- o aperfeiçoamento de metodologias mais eficientes para as diferentes regiões do país,
- o processo de amostragens, ensaios, extrapolações, interpolações e correlações entre atributos específicos e índices,
- no uso das técnicas geofísicas para obtenção de informações em superfície,
- mecanismos de representação cartográfica tri-dimensional,
- produção de bancos de dados comuns e/ou automatizados,
- definição do nível de detalhe adequado dos atributos para as diferentes escalas e que atenda os interesses dos usuários,
- estudos sobre a utilização dos perfis de alteração e das propriedades físico-químicas básicas.

Em muitos países, o mapeamento geotécnico se desenvolve no sentido do detalhamento de trabalhos regionais e na elaboração de cartas de riscos. Em outros, como a Holanda e na Inglaterra, por exemplo, está ocorrendo o inverso, isto é, uma tendência de produzir documentos em escalas menores (1:50000 ou 1:100.000) a fim de avaliar os problemas ambientais e as condições de planejamento.

6.2 - CONDIÇÕES BÁSICAS PARA ELABORAÇÃO DO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e aplicação dos procedimentos de análise do meio físico visando o mapeamento geotécnico, pode ser executada por diversas metodologias e sistemáticas, mas sempre para atender duas situações básicas:

- quando há existência de problemas (curativo);
- prevenção e gerenciamento.

Na figura 16, observa-se que para atender cada uma destas situações pode-se seguir diferentes grupos de procedimentos (metodologias e sistemáticas) para elaboração do mapeamento geotécnico. Qualquer que seja o adotado, alguns pontos devem ser obrigatoriamente definidos anteriormente, tais como: finalidade, escala, informações (atributos) a serem levantadas, níveis e densidade das informações, onde obter?, como obter?, e processos de Análises?

FIGURA 16 - Condições para elaboração do mapeamento geotécnico e principais finalidades básicas.

01.- PARA PROBLEMAS EXISTENTES (Vetor Específico)

=====

Neste caso, já estão ocorrendo na área os problemas e assim os procedimentos são decorrentes dos seus tipo de problema e do inventário dos locais com feições surgidas devido a tais ocorrências dos fenômenos. Os trabalhos relacionados a esta situação podem ser direcionados para:

1.1 Resolver a situação atual -

Normalmente são realizados para áreas escolhidas e os atributos mapeados são aqueles que influenciam diretamente no problema em questão e propõe soluções para recuperação dos locais afetados.

1.2 Resolver a situação atual e prevenir problemas futuros relativos ao vetor específico -

Difere da situação anterior em função do grupo de atributos considerados ser mais abrangentes e por propor regras que reorientam a ocupação da área, com o objetivo de evitar o surgimento de problemas em novos locais. Este caminho permite o gerenciamento da região em termos do vetor estudado.

Tanto para as finalidades 1.1 como para 1.2, normalmente os trabalhos são realizados em tempo relativamente curto e com pequenas taxas de amostragem e ensaios laboratoriais.

2.- PARA A PREVENÇÃO E GERENCIAMENTO

=====

A elaboração do mapeamento geotécnico para esta condição atinge melhor seus objetivos quando se considera um grupo abrangente de atributos que retratem as características e variações do meio físico de acordo com o detalhe exigido pela escala e componentes em análise.

Podem ser realizados trabalhos para vetores específicos (erosão, estradas) e gerais, por diferentes metodologias.

2.1 VETOR ESPECÍFICO

=====

O desenvolvimento de trabalhos de mapeamento geotécnico para vetores específicos exige uma seleção prévia dos atributos e dos níveis que condicionam o comportamento do meio físico frente ao vetor considerado. Os trabalhos podem ser desenvolvidos por dois caminhos, ou seja:

FIGURA 17 - Relação entre a escala do mapeamento geotécnico e a investigação adequada (Karacsanyi e Remenyi, 1970).

2.1.1 - Baseados no levantamento dos atributos específicos a partir da densidade de informações para a escala prevista. Neste caminho, o trabalho deve basear-se no levantamento das informações considerando as densidades de informações para cada divisão da região. A melhor divisão é a baseada na variação litológica e na declividade. A densidade de informação a ser adotada pode ser obtida de trabalhos similares já realizados ou de propostas metodológicas conforme Matula e Pasek (1984) (Tabela 22) e Karacsonyi e Remenyi (1970) (Figura 17). É fundamental conhecer e avaliar os critérios que regem as interpolações, tais como os apresentados por Zuquette (1987).

TIPO DE TRABALHO :	ESCALA	: PONTOS OBSERVADOS POR KM2
Sinótico (Geral)	1:500.000 a 1:100.000 (1:75.000)	01
Fundamental (Básico)	1:50.000 1:25.000	03 - 05 05 - 10
Detalhado	1:25.000 1:10.000 1:5.000 1:2.000 1:1.000	10 - 15 15 - 25 25 - 40 40 ou mais

TABELA 22 - Relação entre o número de pontos observados e a escala domapeamento geotécnico. Ex-Tchecoslováquia. (Matula e Pasek, 1984).

Neste caso, não se visa a elaboração de um conjunto de documentos gráficos, mas somente uma carta de zoneamento para o vetor específico e deve estar voltada para escalas entre 1:50.000 e 1:10.000, quando existir um trabalho geral em escala de menor detalhe (1:100.000-1:250.000), que permite identificar regiões (áreas, zonas) com problemas relativos a um vetor específico. Como exemplo pode-se citar o trabalho desenvolvido por Matula (1969).

2.1.2 SEQUENCIAL - SELETIVO

A elaboração de mapeamento específico seguindo tal processo fica condicionada a um estudo que define uma sequência de atributos considerando as covariâncias e a sua importância para definir as zonas com a menor heterogeneidade possível. É recomendado para escalas regionais e de detalhes onde não há trabalhos em escalas menores. O melhor recurso para definir a sequência é a elaboração de árvores lógicas com as possíveis variações dos atributos e de níveis de valores. Como exemplo, pode-se citar o trabalho de HASAN e WEST (1982).

2.2 GERAL - MULTIFINALIDADE

=====

Este caminho é mais adequado a produção de trabalhos que considerem um grupo completo de atributos e que permitam entender as regiões da forma mais global possível em termos de propor as melhores formas de manejos para a sua ocupação, de prevenção de riscos, de avaliar impactos ambientais e outros problemas. Os trabalhos gerais podem ser desenvolvidos via dois caminhos:

a - BASEADOS NO LEVANTAMENTO DOS ATRIBUTOS COM BASE NA DENSIDADE DE INFORMAÇÃO PARA A ESCALA PREVISTA

É o mais adequado para regiões onde há grande quantidade de informações pontuais, obtidas por investigações isoladas, o que possibilita o direcionamento de estudos nas áreas com deficiência de dados. Como exemplo, podem ser citados os trabalhos de Pejon (1992) e Zuquette (1987).

b - SEQUENCIAL

É o procedimento que deve ser adotado para regiões com baixa densidade de informações ou com dados em quantidades mínimas. Estas situações são típicas do Brasil, que possui mais do que 85% do território (urbano ou não) sem estudos básicos. Tal meio exige que a obtenção dos atributos seja sequencial para determinadas "zonas" do terreno, considerando a seguinte ordenação dos componentes do meio físico (geológico):

O processo sequencial pode ser desenvolvido segundo dois conjuntos de mecanismos:

1º - SEQUÊNCIAL BÁSICA

Deve ser sequencial não só em termos dos componentes do meio físico, como também dos atributos que são pertinentes a cada componente. A base para o desenvolvimento deste processo é a definição da feição geomorfológica denominada de "landform" associada as variação em profundidade, como exemplo tem se os trabalhos realizados através da metodologia P.U.C.E, Africa do Sul e por Zuquette (1991).

2º - AVALIAÇÃO DOS TERRENOS

O processo tem como base a obtenção sequencial das informações como o anterior, adotando uma das classificações de terreno, mas associando outras informações sobre os componentes do meio físico para cada unidade de terreno.

A combinação de uma classificação de terreno e o perfil de alteração pode ser executada de maneira diferente para cada grupo profissional e região.

Independentemente do caminho seguido na Figura , podem ser produzidos dois tipos de mapeamentos geotécnicos quanto aos atributos, formas de obtenção definindo e delimitação das unidades:

1º) MAPEAMENTO CONVENCIONAL

=====

A base deste é o mapa geológico mo qual se busca associar algumas características dos materiais que constituem as formações geológicas. As unidades são definidas com base em critérios estratigráficos e normalmente não refletem unidade geotécnica e não são utilizados sistemas de classificações para os atributos. Estes mapeamentos podem levar em conta os diferentes componentes do meio físico através de diferentes documentos, mas sem considerar atributos mais específicos, (Figura 18).

FIGURA 18 - Bloco diagrama e tabela de atributos de cada formação geológica. Princípio de elaboração de mapeamento geotécnicos que não visam definir a delimitar unidades geológico-geotécnicas (U.G.G.).

2.- MAPEAMENTO NÃO CONVENCIONAL - MAIS ADEQUADO

Busca definir as unidades geotécnicas baseadas em atributos geotécnicos e não estratigráficos ou cronosequenciais. Este tipo de trabalho pretende fornecer informações mais diretas ao usuário, através de grupos de documentos que apresentam formatos, sistemas de classificações e interpretações consideradas em função da complexidade da região e da escala. Pode ser utilizado para finalidades gerais ou específicas. Neste tipo de trabalho, as características geotécnicas de cada unidade e subunidade devem acompanhar os documentos gráficos (Figura 19).

FIGURA 19 - Bloco Diagrama representando as Unidades Geológica-Geotécnicas (U.G.G.), que são definidas e delimitadas a partir das unidades dos documentos básicos que refletem os componentes do meio físico geológico. Cada U.G.G. (I, II, ..., XI) representa um conjunto de informações sobre: Declividade, substrato rochoso, águas subterrâneas e superficiais, materiais inconsolidados e processos geológicos.

6.3. PROPOSTA PARA ELABORAÇÃO DO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

Esta proposta visa a elaboração de mapeamento geotécnico preventivo e em regiões que não possuem informações básicas e que exigirão a produção (obtenção) de dados, desde os fundamentais até os específicos. Baseia-se numa série de documentos gráficos sobre o meio físico e que associados a outros documentos relativos aos outros componentes do meio ambiente permitem uma avaliação da viabilidade de ocupação e consequentemente a priorização e hierarquização das áreas quanto às adequabilidades.

Segundo Zuquette e Gandolfi(1992), uma metodologia de mapeamento geotécnico, para ser eficiente, deve buscar atender os seguintes pressupostos básicos:

- os atributos considerados, seus níveis de heterogeneidade aceitáveis e sua classificação variam em função da escala,
- necessidade de ordenação da obtenção dos atributos quantitativos e qualitativos,
- necessidade de homogeneização das informações para que não ocorram excessos ou deficiências localizadas,
- definição de como, quanto e onde realizar as amostragens,
- existência de um documento básico (mapa topográfico adequado) para que mapeamentos específicos sejam elaborados em sequência, assim como estudos técnicos sejam executados em locais determinados, em termos de geologia de engenharia, pedologia, águas, geomorfologia, biologia, geografia, etc.,
- definição das atividades que deverão ser desenvolvidas em cada uma das três fases do mapeamento geotécnico (preliminar, de escritório e campo, de campo e conclusiva),
- estabelecimento do nível de generalização das informações que será o mais adequado,
- realização a um custo final que possa ser considerado baixo,
- orientação dos trabalhos envolvidos nas diferentes fases, considerados para cada escala,
- estabelecimento das possibilidades de uso para cada faixa de escalas.

Na Tabela 13 observa-se o esquema básico do conjunto de documentos que devem ser produzidos e combinados a fim de que sejam preparadas as informações de interesse aos usuários.

A proposta metodológica busca atender a segunda condição do item e principalmente definir e delimitar, para condições gerais e específicas, as unidades geológico-geotécnicas (E.G.G - Figura 19, conforme proposto por King (1978), Brink et alii (1982) e Zuquette (1991), pela associação das unidades do substrato rochoso, dos materiais inconsolidados, das geomorfológicas (relevo) e das águas (superficiais e subterrâneas), sendo representadas por códigos ou tabelas. A definição e delimitação das unidades geológico-geotécnicas podem ser obtidas por diversos procedimentos e grupos de atributos. Na Figura 20 o fluxograma orienta a elaboração dos documentos que constam da Tabela 13, assim como as sequências e suas interrelações.

* 1º, 2º... 9º - ORDEM DE ELABORAÇÃO DOS DOC. GRÁFICOS

Figura 20 - Fluxograma de orientação para elaboração dos documentos gráficos do esquema metodológico - (Tabela 13).

6.4 - ATRIBUTOS DO MEIO FÍSICO

6.4.1. BÁSICOS

Dentre os componentes do meio ambiente, o meio físico é a base onde serão desenvolvidas todas as atividades antrópicas e eventos perigosos. Trata-se da parcela do meio ambiente constituída pelos materiais rochosos e inconsolidados, as águas e o relevo que estão combinados e arrançados de diversas maneiras em espaços tridimensionais. As diversidades, em termos de combinação e arranjo, são originadas pela ação de dois grupos de processos naturais:

PRIMÁRIOS - São os responsáveis pela origem dos materiais rochosos e feições estruturais geológicas (falhas, fraturas, foliações, dobras, etc.).

SECUNDÁRIOS - Tem seu início imediatamente após cessarem os primários e são os responsáveis pelo comportamento dinâmico do meio físico e pela origem do perfil de alteração, erosões e deposições, comportamento das águas e as características do relevo. Estes processos são muito intensos e o produto final (arranjo tridimensional) é resultado da interação de diversos aspectos, tais como:

- materiais rochosos e suas susceptibilidades ao intemperismo químico e físico,
- condições climáticas (pluviosidade, temperatura, ventos, etc) e
- níveis de encaixe dos sistemas de drenagens.

O meio físico, portanto é consitituído pela repetição de arranjos tridimensionais com diferentes níveis de heterogeneidade em uma região e sempre associados a uma unidade típica de relevo.

Desta forma, o mapeamento geotécnico do meio físico deve ter como objetivo identificar, caracterizar e classificar qualitativa e quantitativamente as feições de cada arranjo, assim como a sua distribuição na região, sempre respeitando as limitações da escala.

O meio físico, no Brasil, apresenta características particulares que são resultantes das condições climáticas, dos materiais rochosos e do tempo de atuação dos processos secundários. Assim, é possível encontrar variações significativas, tais como:

- perfis de alteração ou dos materiais inconsolidados, com espessuras que variam de 1 a 50 m

- materiais inconsolidados (residuais ou retrabalhados) porosos (índices de vazios maiores que 1)

- o equilíbrio atual pode ser modificado rapidamente por ações antrópicas produzindo eventos como os escorregamentos, as erosões,

- minerais argilosos do tipo caulinita e gibsitita podem ser encontrados na porção superficial dos materiais inconsolidados de regiões extensas e

- são encontradas áreas íngremes associadas as planas.

Na Tabela 14 encontra-se um grupo de atributos que devem ser objeto de estudos para o planejamento regional e urbano, aproveitamento de recursos naturais, etc.

COMPONENTES	: TIPO/ASPECTO	: GRUPOS DE:	ATRIBUTOS
		: ATRIBUTOS:	
ÁGUAS	: Superficiais	:	:1*escoamento superficial
	:	:	:2*infiltração (infiltração
	:	:	: potencial)
	:	:	:3*áreas acúmulo de águas
	:	:	: (drenabilidade)
	:	:	:4*características físico-
	:	:	: químicas
	:	:	:5.densidades canais
	:	:	:6.bacias hidrográficas de
	:	:	: 3ª. ordem(STRAHLER) de
	:	:	: acordo c/tabela <u>19</u>
	:	:	:7.tempo de concentração
	: Subterrâneas	:	:8.interferência de lentes
	:	:	: salgadas
Geomorfologia	:	:	.. : livres
	:	:	:9*aquíferos :
	:	:	: : confinados
	:	:	:10*áreas de recarga
	:	:	:11*profundidade/espessura
	:	:	:12.poços
	:	:	:13*senilidade
	:	:	:14*características físico-
	:	:	: químicas
	: Morfometria	:	:15*altitudes(amplitudes)
	:	:	:16*declividade e sentido
	: Morfologia	: Unidades	:17*landforms
	:	: básicas	: Ex.Encostas, Bacia de
	:	:	: inundação, etc.
Geologia	:	:	:18*Formas de encostas
	:	:	:19*Comprimento das encostas
	:	:	: ou dos landforms
	: Substrato	: Materiais	:20*Tipo rochoso ou grupo
	: Rochoso	:	: litológico
	:	:	:21*litologia
	:	:	:22*Mineralogia
	:	:	:23*Densidade
	:	:	:24*Resistência mecânica
	:	:	:25*Permeabilidade
	:	:	:26*Estruturas(descontinui-
	:	:	: dades e atitudes)
	:	:	:27*Distribuição (em área e
	:	:	: profundidade)
	:	:	:28*Profundidade
	:	:	:29*Grau de intemperismo
	:	:	:30*Alterabilidade
	:	:	: (resistencia)

continuação -

		:31*Potencial para material de construção
	:Evidências:	32*Erosão (ocorrência de feições)
	:de pro-	:33*Deposição (assoreamento-indícios)
	:cessos	:34*Sismicidade
		:35*Subsidência (áreas de calcários, etc.)
		:36*Movimento de massa escorregamentos, creep, etc.)
:Materiais	:Gerais	:37.Textura e equivalente areia
:Inconsolidados:		:38*Origem
		:39.Fator de retardamento, dispersividade, etc.
		:40*Distribuição (em área)
		:41.Permabilidade
		:42*Índice de vazios
	:Gerais	:43*Mineralogia
		:44*Erodibilidade
		:45*Fertilidade
		:46*Potencial de salinidade
	:Específico:	:47*Expansibilidade
		:48.Colapsividade(potencial)
		:49*Variação em profundidade (perfil de alteração ou dos mats.inconsolidados)
		:50*Características químicas (pH, SO ₃ , S)
		:51*Capacidade campo e ponto murchamento
		:52*C.T.C.(Capacidade de troca Catiônica)
		:53*Processo de intemperismo e pedológicos
		:54* pH (H ₂ O e KCl) (Δ pH)
		:55*Resistência mecânica/suporte (S.P.)
		:56*Massas específicas dos adeidos e aparente seca, umidade ótima
		:57*Potencial para aterros
:Feições do		:58.Áreas de aterro e entulhos
:Tecnógeno		:59.Áreas utilizadas para exploração materiais p/ construção civil

continuação -	:	:	:60.Áreas de empréstimos
	:	:	:61.Antigos depósitos de
	:	:	: rejeitos e resíduos
<hr/>			
Biológicos	:Cadeira ali-	:	:.Interdependência entre vá-
	:mentar	:	: rios organismos
	:Habitat	:	:.Salinidade, temperatura, -
	:	:	: profundidade
	:	:	:.Tipo, B.O.D, C.O.D.
	:	:	:.Sedimentos
<hr/>			
	:Animais	:Terrestres	:Tipos
	:	:	:.Inventário
	:	:	:.Anomalias
	:	:	:.Distribuição e tendências
	:Vegetação	:Tipo	:.Valor econômico ou preser-
	:	:	: vacionista
<hr/>			
Climáticos	:	:	:62*Pluviosidade
	:	:	:63*Temperatura
	:	:	:64.Unidade relativa
	:	:	:65.Ventos
	:	:	:66.Insolação
	:	:	:67*Evapotranspiração
	:	:	:68*Intensidades pluviomé-
	:	:	: tricas
<hr/>			
Sócio-	:Sociais	:	:69.População, saúde, escolas
econômicos	:Educaçãoais	:	:.Necessidade da população
	:Econômicos	:	:70.Uso do solo, indústrias e
	:	:	: tipos de rejeitos, postos
	:	:	: de gasolina, dutos.
<hr/>			

* ATRIBUTOS QUE DEVEM SER PRIORIZADOS NOS ESTUDO DOS MAPEAMENTOS GEOTÉCNICOS.

TABELA14 -Informações do meio ambiente fundamentais para o planejamento (modificada de Zuquette, 1991).

6.4.2 - FORMAS DE OBTENÇÃO

Os atributos considerados na Tabela 14, podem ser obtidos por diferentes métodos e procedimentos, conforme apresentados na Tabela 15. Estes métodos e procedimentos são válidos para situações individuais (pontuais). Todavia, no caso do mapeamento geotécnico devem ser realizados sobre amostras e/ou em locais que representem um determinado espaço tridimensional, material e relações. A escolha do local para obtenção do atributo ou para amostragem deve estar condicionado as limitações da extrapolação e da interpolação.

ESCOAMENTO	:-Estimativas com base nas caracte-	:-Elaboração da
SUPERFICIAL	: rísticas do meio físico	: carta de po-
:	:-Medidas diretas	: tencial de es-
:	:-Modelos matemáticos	: coamento su-
:	-----	: perficial e -
Á :	:	: infiltração
G :	:	
U : INFILTRAÇÃO	:-Estimativas com base nos atributos do meio	
A : (Infiltração	: físico	
: potencial)	:-Medidas diretas	
:	:-Modelos matemáticos	
:	-----	
S : ÁREAS DE	:-Fotos aéreas	
U : ACUMULOS DE	:-Fotos baixas (sobrevôo)	
P : ÁGUA	:-Relação entre ocupação e declividades	
E :	-----	
R :	:	
F : CARACTERÍS-	:-Normas: laboratório	
I : CAS FÍSICO-	: : campo	
C : QUÍMICAS	-----	
I :	:	
A : DENSIDADE DE	:-Fotos aéreas	
L : CANAIS	:	
: n.canaís/km :	-----	
:	:	
: DELIMITAÇÃO	:-Fotos aéreas associadas a mapa topográfico	
: DE BACIAS	:	
: HIDROGRÁFICAS:	-----	
:	:	
: TEMPO DE	:-Estimativa (existem diversos procedimentos, mas há	
: CONCENTRAÇÃO	: necessidade de escolher a mais adequada para a	
:	: bacia em estudo)	

: AVALIAÇÃO	:-Mapas: geológicos, estruturais, materiais inconso-	
Á : DE AQUÍFEROS	: lidados	
G :	:-Fotos aéreas	
U :	:-Dados de poços existentes, fontes naturais	
A :	-----	
: ÁREAS DE	:-Fotos aéreas	
: RECARGAS	:-Mapas (geológicos, estruturais, etc.)	
:	:-Campo	

continuação -

S :	:	-----
U : PROFUNDIDADES:	-	Geofísica
B : /ESPESSURAS	:	-Relações de campo
T :	:	-Poços existentes
E :	:	-----
R : POÇOS	:	-Campo
R :	:	-Registros públicos
Â :	:	-----
N : SENILIDADE	:	-Norma: laboratório
E :	:	-----
A : CARACTERÍSTI-	-	Normas: laboratório
: CAS FÍSICO-	:	: campo
: QUÍMICAS	:	

: ALTITUDE	:	-Mapa topográfico
: (Amplitude)	:	-Fotos aéreas
:	:	-Campo
:	:	-----
: DECLIVIDADE	:	-Mapas topográfico
G : E SENTIDO	:	-Fotos aéreas
E :	:	-Medidas de campo
O :	:	-----
M : LANDFORM	:	-Fotos aéreas
O :	:	-Fotos baixas
R :	:	-Observações de campo
F :	:	-----
O : FORMAS DE	:	-Fotos aéreas
L : ENCOSTA	:	-Fotos baixas
O :	:	-Observações de campo
G :	:	-Mapa topográfico
I :	:	-----
A : COMPRIMENTO	:	-Fotos aéreas
: DAS ENCOSTAS	:	-Fotos baixas
: E DAS	:	-Observações de campo
: LANDFORMS	:	-Mapa topográfico

: GRUPO ROCHOSO:	-	Observações de campo
: OU GRUPO	:	-Laboratório
S : LITOLÓGICO	:	
U :	:	-----
B : LITOLOGIA	:	-Observações de campo
S :	:	-Laboratório
T :	:	-----
R : MINERALOGIA	:	-Campo
A :	:	-Laboratório
T :	:	-----
O : DENSIDADE	:	-Laboratório
:	:	-Normas da CESP ou A.B.N.T.
:	:	-----
: RESISTÊNCIA	:	-Esclerômetro de Smicht
: MECÂNICA	:	-Carga Pontual
:	:	-Velocidade sônica
:	:	-----

continuação

R O C H O S O	: PERMEABI-	: -Trabalhos prévios	
	: LIDADE	: -Estimativa	
	:	: -Observações de campo	
	:	: -Laboratório	
	: ESTRUTURAS	: -Campo	: -Determinação de JV
	:	:	: (Contador volumétrico de
	:	:	: juntas)
	: (Descontinui-	: -Fotointerpretação	: -Persistência das feições
	R : dades)	: -Laboratório	
	O :		
	C : DISTRIBUIÇÃO	: -Fotos aéreas	
	H :	: -Campo	
	O :		
	S : PROFUNDIDADE	: -Geofísica	
	O :	: -Relações de campo	
	:		
	: GRAU DE IN-	: -Campo - proposta IAEG (1980)	
	: TEMPERISMO	: -Laboratório - Análises microscópicas	
	:		
	: ALTERABILI-	: -Normas - CESP ou A.S.T.M.	
	: DADE	:	
	:		
	: POTENCIAL	: -Critérios que serão utilizados:	
	: PARA	:	
	: MATERIAL DE	: Propostas da Tabela 27	
	: CONSTRUÇÃO	:	
E V I D Ê N C I A S	P :	E	: -Fotos aéreas
	R :	R	: (período diferentes)
	O :	O	: -Evidências de
	C :	S	: campo
	E :	Ã	: -Analogia
	S :	O	:
	S :		:
	O :		:
	S : -ASSOREA		: -Avaliação com base nas características do
	D S : MENTO		: meio físico
	Ê :		: -Analogias
	N :		: -Observações de evidências
	C G : -SISMICI-		: -Registros
	I E : DADE		:
	A O :		:
	S L :		:
	Ó : -SUBSI-		: -Avaliações -Geofísica (gravimetria, etc.)
	G : DÊNCIA		: -Analogias
	D I :		: -Observações de evidências
	E C :		:
	O : -MOVIMEN		: -Fotos aéreas (períodos diferentes)
	S : TOS DE		: -Evidências de campo
	: MASSA		: -Análise das características do meio físico

continuação

:ORIGEM	: -Campo
:	: -Laboratório
:	: -----
:TEXTURA	: -Campo - Norma - ASTM
:	: -Ensaio granulometria - Norma ABNT
:	: -----
M :DISTRIBUIÇÃO	: -Fotos aéreas
A :	: -Mapas
T :	: -Obserações de campo
E :	: -----
R :PERMEABILI-	: -Estimativa
I :DADE (K)	: -Ensaio de laboratório
A :	: -Ensaio de campo
I :	: -----
S :ÍNDICES DE	: -Laboratório $eo = \frac{\int s}{\int d} - 1$
:VAZIOS (eo)	: :
:	: -----
:MINERALOGIA	: -Laboratório - Grosseira - lupas
:	: - Fina:- Absorção de azul de metileno
:	: :- Difração de raio X
:ERODIBILIDADE:	: -Ensaio
:	: -Observações de campo
:	: -Estimativas
:	: -----
:COLAPSIVI-	: -Estimativas
:DADE	: -Ensaio de laboratório
:	: -----
:FERTILIDADE	: -Conjunto de atributos (Normas Embrapa, 1979) e
:	: Book Tropical Soil Manual (1984)
:	: -----
:POTENCIAL DE	: -Estimativa
:SALINIDADE	: -Resistividade
:	: -----
I :EXPANSIBILI-	: -Estimativa:-Mineralogia
N :DADE	: C.T.C. e absorção de azul de metileno
C :	: -Laboratório
O :	: -----
N :VARIAÇÃO EM	: -Sondagem Borro
S :PROFUNDIDADE	: -Tradagem (mecânica, manual, etc)
O :	: -Geofísica
L :	: -Observações de campo
I :	: -----
D :CARACTERÍSTI-	: -Normas Embrapa (1979)
A :CAS QUÍMICAS :	:
D :	: -----
O :C.T.C. (CAPA-	: -Ensaio químico (Norma Embrapa (1979)
S :CIDADE DE	: -Absorção de azul de metileno
:TROCA CATIO-	:
:NICA)	:
:	: -----

Continuação -

:CAPACIDADE DE:-Estimativa :Mineralogia
:CAMPO E PONTO: :Granulometria
:DE MURCHAMEN:-Ensaio de laboratório
:TO :

PROCESSO DE: INTEMPERISMO - Observações de campo
PEDOLÓGICOS - Laboratório - lâmina
- Análises Químicas

: pH H₂O:
pH : $\Delta \text{pH} = (\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} - \text{pH}_{\text{KCl}})$ - Laboratório
: pH KCl: - Normas Embrapa (1979)

RESISTÊNCIA MECÂNICA/
SUPORTE -S.P.T.
-Penetrômetro "Borro"
-Estimativas

MASSA ESPECÍFICA DOS
SÓLIDOS E APARENTE SECA -Normas
-ABNT ou A.S.T.M.

POTENCIAL PARA ATERROS E
RECOBRIMENTO DE ATERROS -M.C.V. (Ensaio) : Critérios
SANITÁRIOS -Proctor Normal na tabela
-Mineralogia
-Expansividade
-Granulometria

:SALINIDADE :-Medida direta em campo
:
B :TEMPERATURA :-Medidas "in situ"
I :
O :PROFUNDIDADE :-Medidas diretas
L :
Ô :B.O.D. :-Ensaio químico - método
G :
I :C.O.D. :-Ensaio químico - método
C :
O :OUTROS :-Observação de campo
S :

:PLUVIOSIDADE : EM POS :
:-----: TO :
:TEMPERATURA : :
C :-----: CLI :
L :UNIDADE : MÁ :
I :RELATIVA : TI :
M :-----: CO :
Á :VENTOS : :
T :-----: :
I :INSOLAÇÃO : :

O :INTENSIDADES :-Relação entre as medidas de pluviosidade e
S :PLUVIOMÉTRICAS duração das chuvas

Continuação -

:EVAPO TRANSPI:	-Métodos de PEMMAN (Evapotranspiração Potencial)
:RAÇÃO	:Medidas diretas: Lisímetros
:	: Sonda de neutrons

CULTURAIS	: -SOCIAIS	-Campo
	: -EDUCACIONAIS	-Sobrevôo
	: -ECONÔMICAS	-Registros públicos

TECNÓGENO	: -ÁREAS	-Campo
	:	-Sobrevôo
	:	-Fotos aéreas
	:	-Registros públicos

TABELA 15 - Formas e Métodos mais adequados para obtenção dos atributos.

6.4.3 - RELAÇÕES ENTRE OS ATRIBUTOS

Os atributos a serem mapeados e as respectivas classificações dependem da finalidade do trabalho a ser realizado e a escolha adequada influenciará diretamente na eficiência, na qualidade e na possibilidade dos usuários utilizarem as informações. Zuquette(1987) afirma que um problema básico no desenvolvimento de mapeamentos geotécnicos consiste em definir, identificar e isolar os atributos que devem ser utilizados para caracterizar as unidades homogêneas de maneira a atender as finalidades do trabalho.

Assim, dos atributos considerados fundamentais (Tabela 14) para o planejamento foram selecionados aqueles que estão relacionados ao meio físico, portanto dentro do escopo do processo de mapeamento geotécnico.

Quando da existência de um grupo de atributos, são necessárias algumas análises para estabelecer os aspectos ou relações que auxiliam no ordenamento, na orientação e na obtenção, tais como:

- interrelacionamento,
- possíveis covariações,
- sequência mais adequada para obtenção
- importância na definição dos espaços tridimensionais.

Dentre os métodos existentes para análises de grupos de elementos, optou-se pela matriz bidimensional (elemento X elemento) que permite o cruzamento entre todos os atributos (Tabela 16).

Uma análise inicial foi desenvolvida por Pejon (1992) para um grupo menor de atributos, também relacionados no conjunto da Tabela 14.

Na análise atual, considerou-se 59 atributos, ou seja, 10 a mais do que a análise de Pejon (1992) e os resultados obtidos foram semelhantes. Os atributos grupo litológico, litologia, textura e origem dos materiais inconsolidados, "landform", fator de retardamento, infiltração, escoamento superficial, estruturas, variação em profundidade e densidade de canais apresentam alta relação com os outros. Isto significa que a obtenção destes deve ser priorizada para facilitar a obtenção dos outros.

Tabelas semelhantes e outros recursos que permitem estas análises devem ser consultados, antes de avaliar, principalmente, a sequência das etapas do trabalho.

Tabela 16 - Relações entre os atributos.

6.4.4 - ATRIBUTOS CONSIDERADOS NA ELABORAÇÃO DAS CARTAS FUNDAMENTAIS INTERPRETATIVAS ESPECÍFICAS

Os documentos fundamentais interpretativos e analíticos básicos são elaborados a partir de um grupo de atributos, analisados por mecanismos que definem e auxiliam na delimitação das unidades homogêneas.

A seguir apresenta-se os atributos que devem ser considerados para cada carta e que estão associados a um número que indica a sua importância para o documento. Na Tabela 17, estão representadas as cartas e os respectivos atributos sem considerar a prioridade.

* 1, 2 e 3 - Ordem de prioridade do atributo para o documento gráfico

CARTA DE VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS

ÁGUAS	* 1	-escoamento superficial
	1	-infiltração
	1	-bacia hidrográfica
	2	-lente salgada
	1	-aquifero
	1	-área de recarga
	1	-profundidade
	2	-poços (existentes)
	2	-senilidade
	1	-características físico-químicas
GEOMORFOLOGIA	1	-declividade
SUBSTRATO ROCHOSO	1	-litologia
	1	-mineralogia
	1,2	-estruturas
	1	-permeabilidade
	1	-distribuição
	1	-profundidade
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	2	-subsistencia
	1	-textura
	1	-fator de retardamento
	1	-permeabilidade
	1	-distribuição em área
	1	-variação em profundidade
	1	-mineralogia
	1	-C.T.C. / C.T.A.
	1	- A pH
	1	-químicos

TECNÓGENO	1 -antigo depósitos de resíduos e rejeitos
CLIMÁTICOS	2 -pluviosidade 1 -intensidades pluviométricas
SÓCIO-ECONÔMICOS	1 -uso do solo
CARTA PARA ESTOCAGEM SUBTERRÂNEA =====	
GEOMORFOLOGIA	1 -declividade 2 -landform
SUBSTRATO ROCHOSO	1 -litologia e distribuição
	1 -estruturas e descontinuidades(RQD) (J.V)
	2 -mineralogia
	1 -grau de intemperismo
	1 -alterabilidade
	2 -profundiade
	2 -permeabilidade
	2 -subsistência
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	1 -coeficiente de retardamento
	2 -variação em profundidade
	1 -movimentos de massa
	1 -erodibilidade
ÁGUAS	1 -infiltração
	1 -drenabilidade
	1 -aquíferos
	1 -áreas de recarga
	1 -características físico-químicas

CARTA DO POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE MOVIMENTOS DE MASSA

GEOMORFOLOGIA	1 -landform
	1 -declividade
	1 -forma da encosta
	2 -extensão da encosta
	1 -locais com evidências de movimentos de massa
	1 -litologia
SUBSTRATO ROCHOSA	1 -estruturas,descontinuidades (fraturas,falhas, juntas, acamamento, dobras, foliações, etc...)
	1 -atitudes das camadas e estruturas
	1 -grau de intemperismo
	2 -mineralogia (expansivos, micaceos)
	1,2 -alternância de litologias
	1,2 -resistência mecânica
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	1 -origem
	1 -textura
	2 -distribuição
	1 -permeabilidade
	1 -mineralogia
	1 -expansibilidade
TECNÓGENO	1 -variações em profundidade
	1 -áreas de aterros e de entulhos
	2 -antigos depósitos de rejeitos e resíduos
CLIMÁTICOS	1 -pluviosidade
	1 -intensidade pluviométrica
	2 -insolação
	2 -evapotranspiração

CARTA DE POTENCIAL PARA OCUPAÇÃO AGRÍCOLA

SUBSTRATO ROCHOSO	1 -profundidade 1-textura (variação no perfil 1-estruturas 1-consistência 1-níveis de umidade 1-saturação em bases 1-C.T.C. e C.T.A.
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	1-nutrientes 1- Δ pH 1-pedregosidade 1-pH 1-porcentagem de matéria orgânica 1-salinidade + sódio trocável 1-capacidade de campo e ponto de murchamento
ÁGUA	1-condições de drenabilidade 1-profundidade do N.A. (sazonabilidade)
RELEVO	1-declividade

CARTA DE POTENCIAL MINERAL E DE MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

	MINERAL	CONSTRUÇÃO
Substrato Rochoso	1-Mineralogia 1-Tipo litológico 1-Profundidade 1-Associações minerais 1-"modelo" de jazimento	1-Mineralogia 1-Tipo litológico 1-Descontinuidade 1-Profundidade 2-Densidade 1-Absorção de água 1-Desintegração por 1 sulfato 2-Polimento 2-Resistência
Materiais incon- solidados	1-Textura 1-Mineralogia 1-Forma de ocorrência (gênese) 1-Características químicas	1-Textura 1-Mineralogia 1-Equivalente areia 2-Presença de laterita 2-Características químicas
Água	1-Profundidade do N.A. 2-Drenabilidade	1-Profundidade do N.A. 2-Drenabilidade
Geomorfologia	2-Declividade	2-Declividade

CARTA PARA FUNDAÇÕES

=====

SUBSTRATO ROCHOSO	2-Tipo litológico
	2-Inclinação do topo rochoso
	1-Profundidade
	1-Descontinuidade
	1-Minerais expansivos (expansividade)
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	1-Resistência / suporte
	1-Textura (variação com a profundidade)
	1-Variação no perfil de alteração
	1-Presença de matações
	1-Índice de vazios (colapsividade, recalque)
	1-Presença de camada orgânica
	1-Expansividade
	1-Resistência/suporte de acordo com a variação no perfil de alteração
	1-Camadas compressíveis
	2-Corrosividade
ÁGUA	1-Profundidade do N.A. (Sazonabilidade)
	1-Corrosividade
RELEVO	2-Declividade
TECNÓGENO	2-Áreas de aterro e de entulhos
	1-Antigos depósitos de rejeitos e resíduos

CARTA PARA ESCAVABILIDADE

=====

SUBSTRATO ROCHOSO	1-Tipo litológico
	1-Grau de alteração
	1-Descontinuidade
	1-Profundidade
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	2-Textura (variação no perfil)
	1-Presença de níveis com matações
	1-Presença de camadas orgânicas
	1-Camadas laterizadas
	2-Presença de minerais expansivos (vertissolos)
	2-Grau de compactação
ÁGUAS	1-Profundidade do N.A. (Sazonalidade)
	2-Drenabilidade
RELEVO	2-Declividade
TECNÓGENO	1-Áreas de aterro e de entulhos
	1-Antigos depósitos de rejeitos e resíduos
OCUPAÇÃO	1-Distância das construções

CARTA PARA ESTRADAS

ASPECTOS A CONSIDERAR: - Traçado
- Sub leito
- Aterros - local
- material de empréstimo

COMPONENTES:	ATRIBUTOS	:TRAÇADO:	SUB LEITO:	ATERROS
				:LOCAL:MAT.EMPRESTIMO
Sub rochoso:	2.Tipo litológico:	x	x	:
	:1.Profundidade	x	x	: x :
	:1.Escavabilidade	x	x	: x :
	:1.Descontinuidade:	x	x	: x :
	: Perfil de alte- ração	x	x	: x : x
Material	:1.Textura	x	x	: x : x
Inconso-	:1,2.Suporte	x	x	: x : x
lidade	:1.Minerais expan- sivos e micas	x	x	: x : x
	:2.Permeabilidade	x	x	: x :
	:1.Camadas compres- sivas	x	x	: x : x
	:1,2.Erodibilidade:	x	x	: : x
	:1.Presença de matações	x	x	: : x
	:1.Classssif.M.C.T.:		x	: : x
Águas	:1.Drenabilidade	x	x	: x :
	:1.Profundidade	x	x	: x :
	: N.A.			: : :
	:1,2.Densidade de canais	x	x	: : :
Relevo	:2.Landforms	x	x	: x : x
	:1.Movimento de massa	x	x	: x : x
	:1.Declividade	x	x	: x :
Tecnógeno	:1.Áreas de aterro: e entulhos	x	x	: x :
	:1.Antigos depósi- tos de rejeitos:			: : :
	: e resíduos	x	x	: x :
	:1.Áreas c/explora- ção de materiais			: : :
	:para construção	x	x	: : x

CARTA PARA IRRIGAÇÃO

CLIMÁTICOS	: MATERIAIS	: ÁGUAS	: GEOMORFOLOGIA
	: INCONSOLIDADOS	:	: S. ROCHOSO
-Pluviosidade	: -Textura	: -Profundidade N.A.	: -Macrorelevo
-Evapotranspiração	: -Estrutura	: -Taxa de infiltração	: -Microrelevo
potencial	: -Pedregosidade	: potencial	: -Erosão
-Risco de geada	: -Horizontes(variações)	: -Condutividade	:
-Temperatura	: -Consistência	: -Drenagem superficial	: -Inundação
-Variações sazonais	: -Profundidade máxima para raízes	: -Qualidade das águas	: -Acesso e posição no landform
-Ventos fortes	: -Granulometria	: -Capacidade de campo	: -Declividade
	: -Massa específica dos sólidos e aparente seca	: -Ponto de murchamento	:
	: -Matéria orgânica	:	:
	: -Estabilidade estrutural	:	:
	: -C.T.C. e C.T.A.	:	:
	: -Saturação em base	:	:
	: -Condutividade elétrica	:	:
	: -Cations solúveis	:	:
	: -Nutrientes(inclui sive tóxico)	:	:
	: -Sulfatos e carbonatos	:	:
	: -Minerais de argila	:	:
	: -Efeitos de lixiviação	:	:

CARTA PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS E REJEITOS - Tipos

CARTA PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS - ATRIBUTOS

=====

SUBSTRATO ROCHOSO	1-Litologia 1-Profundidade 1,2-Descontinuidade
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	1-Textura 1-Variação no perfil 1-Mineralogia 2-Presença de matacões 1-pH 1-Salinidade 1-C.T.C. 1,2-Camadas compressíveis 2-Colapsividade 2-Erodibilidade 1-Fator de retardamento 1,2-Características de compactação
ÁGUA	1-Profundidade do N.A. (Sazonalidade) 1-Direção do fluxo (superficial e subterrâneo) 1-Escoamento superficial 1-Infiltração 1-Áreas de recargas 1-Distância de poços e fontes naturais 1-Drenabilidade
PROCESSOS	1-Erosão 1-Movimentos de massa
RELEVO	1-Declividade 2-Landform 2-Divisor de águas superficiais 1-Zonas alagadas 1-Zonas sujeitas a inundação
CLIMÁTICOS	2-Evapotranspiração 1-Direção dos ventos 1,2-Pluviosidade

=====

=====

CARTA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E INFILTRAÇÃO

RELEVO	1 - Declividade 1 - Densidade de drenagem 1 - Landform (favoráveis ao armazenamento de águas)
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	1 - Textura 1 - Infiltração (potencial) 1 - Variação em profundidade (gênese)
SUBSTRATO ROCHOSO	2 - Profundidade 1/2 - Litologia
ÁGUAS	2 - Profundidade do nível de água
CLIMÁTICOS	1/2 - Pluviosidade 1 - Intensidade pluviométrica

CARTA DO POTENCIAL DE RISCO A EROSÃO (Fluxograma para elaboração na Fig. 21)

RELEVO	1 - Declividade 2 - Densidade de drenagem / Km 2 - Landform (favoráveis a concentração em superfície) 1 - Forma e comprimento das encostas
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	1 - Textura 1 - Gênese 1 - Permeabilidade 1 - Índice de erodibilidade
SUBSTRATO ROCHOSO	1 - Profundidade 2 - Litologia
ÁGUAS	2 - Profundidade do nível de água
CLIMÁTICOS	1 - Intensidade pluviométrica 1 - Pluviosidade

Figura 21 - Fluxograma de orientacao para elaboracao da carta do Potencial de Risco a Erosao

INFORMAÇÕES BÁSICAS PARA ESTUDOS DE DEGRADAÇÃO E RECUPERAÇÃO

- 1 - Características do relevo: declividade, landform, etc.
- 2 - Profundidade a ser explotada
- 3 - Profundidade do N.A.
- 4 - Porcentagem de Rejeitos
- 5 - Tipos de rejeitos
- 6 - Volume de cada tipo de rejeito
- 7 - Vegetação existente
- 8 - Necessidade de lavagem ou desmonte por jato de água
- 9 - Uso de produtos químicos e/ou explosivos
- 10- Área a ser explorada
- 11- Área a ser ocupada
- 12- Proximidade de leitos d'água

6.4.5- TIPOS DE OCUPAÇÃO, ATRIBUTOS QUE INTERFEREM NOS PROCESSOS DE IMPLANTAÇÃO

Na Tabela 18 encontram-se relacionados os principais tipos de ocupação (urbanos, regionais e rurais) que predominam no Brasil e os atributos ou grupos de atributos que interferem nos seus processos de implementação. Na medida do possível, foi definida a importância dos atributos em 4 classes, a saber:

FUNDAMENTAIS - devem ser analisados em todas as situações e regiões, assim como interferem diretamente na implantação.

FUNDAMENTAIS CIRCUNSTÂNCIAIS - são aqueles que em determinadas situações ou regiões podem ter a importância dos fundamentais, normalmente não interferem diretamente.

EXIGEM ANÁLISE CUIDADOSA - o atributo pode se tornar um problema no decorrer do processo de implantação, por apresentar singularidades na região.

QUANDO DESFAVORÁVEL PODEM SER CORRIGIDOS - são atributos que devem ser considerados, mas quando desfavoráveis podem ser corrigidos com recursos tecnológicos.

6.4.6 - HIERARQUIA DAS INFORMAÇÕES

Com o objetivo de ordenar e facilitar a obtenção dos atributos propõe-se associar as etapas de trabalho com a obtenção dos atributos referentes a cada componente do meio físico.

Assim, o processo de mapeamento geotécnico deve ser desenvolvido em função de se obter as informações do meio físico segundo o seguinte seqüencial:

- Geomorfologia;
 - Substrato Rochoso;
 - Materiais Inconsolidados;
 - Definição Preliminar dos Arranjos Tridimensionais;
 - Águas Superficiais;
 - Águas Subterrâneas;
 - Definição Final dos Arranjos Tridimensionais;
 - Amostragem;
 - Ensaio;
 - Definição Unidade Geológica-Geotécnica.
-

Em função da importância para o uso e a caracterização do meio físico os atributos podem ser considerados:

1 - Fundamentais - na delimitação de unidades espaciais que apresentem identico nível de heterogeneidade, auxiliam na definição das amostragens. Possibilitam as extrapolações e interpolações com segurança e eficiência, desde que sejam obedecida as regras de Varnes (1974) e Zuquette (1987).

2 - Atributos índices - permitem direcionar a caracterização das heterogeneidades das unidades espaciais e as estimativas dos comportamentos frente aos diferentes tipos de ocupação e podem ser obtidos em campo e ou laboratório.

3 - Básicos - são usados em projetos, porém a nível básico, normalmente são obtidas em laboratórios.

4 - Projetos e controle são tipicamente de uso na fase de implantação e posterior, podem ser estimados ou medidos em campo ou laboratório.

A hierarquização dos atributos para cada componente do meio físico deve obedecer a seqüência adequada para o detalhamento de uma região. Dentre os atributos da Tabela 14 e do resultado obtido através da análise da matriz de relação, procurou hierarquizá-los, para cada componente do meio físico, de tal forma a facilitar a obtenção e as análises para elaboração dos documentos: Interpretativos, Analíticos, Básicos de Prognósticos, de Riscos, de Orientação, para Usuários e Conclusivos

HIERARQUIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS

ÁGUAS SUPERFICIAIS

GEOMORFOLOGIA

SUBSTRATO ROCHOSO

MATERIAIS INCONSOLIDADOS

ATRIBUTOS
QUALITATIVOS E
QUANTITATIVOS
QUE DEVEM SER
APRESENTADOS
PRAGMATICAMENTE

Origem (residual - retrabalhado)
Textura (campo)
Distribuição em área
Classes de espessuras
Arranjo (variação) em profundidade
(Perfil de alteração ou dos materiais
inconsolidados)
Descontinuidades básicas

ATRIBUTOS
SEMI -
QUANTITATIVOS
QUE SÃO OBTIDOS
A PARTIR DE
AMOSTRAGEM,
INVESTIGAÇÃO
"IN SITU",
ANALOGIAS OU
ESTIMATIVAS.

Massa
específica
aparente
seca
natural

Granulometria
Mineralogia-massa específica dos
sólidos
Índices de vazios - porosidade
Proctor normal
Colapsividade
M.C.V.
Erodibilidade
Níveis de suporte (resistência)
CTC/CTA/PH/Superfície específica

É FUNDAMENTAL
CONSIDERAR A
VALIDADE DA
INFORMAÇÃO

Capacidade
de campo /
ponto de
murchamento

Fertilidade - salinidade
Permeabilidade
Adensamento
Químicos
Resistência

ÁGUA SUBTERRÂNEA

6.4.7 - ATRIBUTOS DE CONTROLE

a - ATRIBUTOS DE CONTROLE (MÍNIMO)

Com o objetivo de orientar a escolha da escala e o detalhamento do meio físico compatível, propõem-se um grupo de atributos (controle mínimo) e os respectivos níveis de valores para as diferentes faixas de escalas. Associado aos atributos foram propostos grau de variabilidades dos atributos aceitáveis para cada unidade homogênea.

O grau de variabilidade deve ser avaliado através da amplitude entre os valores máximos e mínimos dos atributos, da porcentagem da unidade onde não ocorre um determinado atributo, da ausência de atributos fundamentais na definição das unidades e da porcentagem da área total que sofrem generalização cartográfica e/ou tipológica.

Na Tabela 19, estão representados os atributos de controle (mínimo) e os respectivos níveis de valores, os graus de variabilidade aceitáveis e os usos mais importantes para cada faixa de escala.

b - DIVERSIDADE REGIONAL

A diversidade de uma área é função da heterogeneidade apresentada, condicionada pela variabilidade dos atributos e suas distribuições espaciais. A avaliação desta pode ser obtida por meio de análises qualitativas ou de índices numéricos. As análises qualitativas são muito importantes quando executadas por profissionais experientes e baseadas na variabilidade dos atributos e dos respectivos níveis de valores. A maior limitação refere-se a dificuldade de comparação entre análises executadas sem um quadro de diretrizes básicas que de embasamento científico.

As análises quantitativas são obtidas por meio de índices que retratam a complexidade da região em termos de seus atributos e das unidades delimitadas. Com o objetivo de auxiliar na análise do grau de diversidade propõem-se os seguintes índices quantitativos:

DIVERSIDADE DA REGIÃO (D.R.) - é a relação entre o número de unidades (N.U.) delimitadas na região em estudo e os tipos básicos de unidades que constam da legenda (T.U.) do documento gráfico. Este índice reflete a complexidade do arranjo tridimensional do meio físico.

$$DR = \frac{NU}{TU}$$

Quando:
DR > 3 - alta diversidade
DR < 3 - baixa diversidade

DIVERSIDADE INTRINSECA DA BACIA HIDROGRÁFICA (D.I.B.) - é a relação entre o número de unidades delimitadas na bacia (N.U.B.) e o número de tipos de unidades que constam da legenda e que ocorrem na bacia (N.T.U.B.).

$$DIB = \frac{NUB}{NTUB}$$

Este índice retrata a diversidade da bacia em termos da sua complexidade espacial, porém não pode ser usado em comparação com outra bacia.

DIVERSIDADE RELATIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA (D.R.B.) - é a relação entre o número de unidades delimitadas na bacia (N.U.B.) e o número de tipos de unidades que constam da legenda (T.U.) do documento gráfico em análise.

$$DRB = \frac{NUB}{TU}$$

Este índice permite a comparação entre bacias de mesma ordem e quanto maior o índice, maior será a representatividade da bacia em relação ao conjunto dos componentes do meio físico.

HETEROGENEIDADE DA UNIDADE TAXONÔMICA (H.U.T.) - é um índice que reflete a relação entre os atributos considerados ideais (A.I.) para definição das unidades homogêneas e os considerados de fato (A.C.); também devem ser considerados os níveis de valores dos atributos.

$$HUT = \frac{AC}{AI} - \frac{AFC}{AC} \times F, \text{ onde}$$

AFC - Atributo que apresenta níveis de valores que não pertencem a unidade taxonômica em análise.

F - Fator de correção

O fator de correção é função do número de níveis de valores que não estão representados na referida unidade.

No. de níveis	Fator de correção
1	1,1
2	1,2
3	1,3
>3	1,4

Quando todos os atributos considerados de fato (A.C.) apresentam níveis de valores compatíveis com a unidade taxonômica, o fator de correção deve ser zero.

7. MAPEAMENTO GEOTÉCNICO: PRODUÇÃO DOS DOCUMENTOS GRÁFICOS

7.1 - PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DOS DOCUMENTOS FUNDAMENTAIS BÁSICOS (MAPAS E CARTAS) - OBTENÇÃO DOS ATRIBUTOS

O levantamento dos atributos pode ser realizado por três grupos de procedimentos básicos:

- Baseado na densidade de informações controlada por malhas regulares.
- Baseado em documentos isolados para cada componente do meio físico, produzidos por equipes diferentes.
- Obtenção seqüencial dos atributos.

7.1.1. Obtenção dos atributos baseada na densidade de informações controlada por malhas regulares.

Este procedimento é vantajoso quando existir uma densidade significativa de informações pontuais em uma região e que sejam de interesse ao mapeamento geotécnico. Neste caso, é fundamental que o trabalho seja desenvolvido respeitando as fases básicas (Figura 22) e as seguintes considerações na elaboração de cada fase:-

- 1- as informações existentes deve ser plotadas sobre um mapa topográfico, considerando a localização em termos de coordenadas geográficas, altitudes e e profundidade,
- 2- avaliar a precisão das informações e as possibilidades de considerá-las válidas para o trabalho,
- 3- considerar se existe homogeneidade na área quanto a todos os atributos que são necessários,
- 4- em função da escala, traçar um sistema de malha regular, onde cada cela bidimensional deve possuir a área de controle, conforme determinado para o controle da densidade de informação (Tabela 20),
- 5- considerar a distribuição das informações na malha regular e avaliar se há homogeneidade ou não da densidade de infomação por área,
- 6- em função da homogeneidade, definir as 'zonas' onde deverão ser mais efetivas as investigações,
- 7- as investigações devem ser realizadas com base, em procedimentos normalizados, como os citados na Tabela 15 ,

FIGURA 22. - FLUXOGRAMA DAS FASES BÁSICAS PARA DESENVOLVIMENTO DO PROCEDIMENTO PARA OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES CONSIDERANDO A DENSIDADE E A MALHA REGULAR

8- caso existam muitos dados, porém mal distribuídos, haverá necessidade de um número muito grande de investigações, e o aumento dos custos, assim como a possibilidade de uma outra metodologia para dar prosseguimento ao trabalho,

9- a eficiência do trabalho e a orientação para o desenvolvimento do mapeamento geotécnico devem obedecer a um procedimento metodológico como o proposto por Zuquete e Gandolfi (1990) e Zuquette (1987).

Como exemplos deste procedimento, podem ser citados os trabalhos de Zuquette (1987), Lollo (1990), Aguiar (1989), Pejon (1992) e Nishiyama (1991).

Este procedimento apresenta alguns problemas, tais como:

- exige um número muito grande de locais de observações e amostragens
- o custo para obtenção do número adequado de informações pode ser alto, caso não sejam produzidos por métodos alternativos,
- os processos de interpolação e extrapolação podem não ser aplicados por falta de atributos controladores, e
- o registro inadequado das informações pode inviabilizar a automatização, ou seja a montagem de um banco de dados e a sua dinâmica de atualização.

FINALIDADE DO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO	ESCALA	NÚMERO MÍNIMO DE PONTOS OBSERVADOS POR Km ²						ÁREAS CHAVES (10 Km ²)	
		Atributos							
		Qualitativos				Quantitativos		Escala	Pontos observados/ Km ²
		Metamórficas e Igneas		Sedimentares		Geral			
BÁSICO	1:250.000	1/10	Distância entre os pontos observados (m) 3162	1/10	Distância entre os pontos observados (m) 3162	1/10	Distância entre os pontos observados (m) 3162	1:50.000	1/1
REGIONAL	1:100.000	4/10	1581	3/10	1825	2/10	2236	1:25.000	4/1
	1:50.000	6/5	912	1/1	1000	3/10	1825		
	1:25.000	3/1	577	2/1	707	1/10	1000		
DETALHE	1:25.000	5/1	447	4/1	500	4/10	500		
	1:10.000	15/1	258	15/1	258	10/1	316		
	1:5.000	25/1	200	20/1	223	15/1	258		
	1:2.000	40/1	158	35/1	169	25/1	200		

Tabela 20. Número mínimo de pontos observados por Km² na elaboração de mapeamentos geotécnicos (modificada de Zuquette e Gandolfi, 1990).

8- caso existam muitos dados, porém mal distribuídos, haverá necessidade de um número muito grande de investigações, e o aumento dos custos, assim como a possibilidade de uma outra metodologia para dar prosseguimento ao trabalho,

9- a eficiência do trabalho e a orientação para o desenvolvimento do mapeamento geotécnico devem obedecer a um procedimento metodológico como o proposto por Zuquette e Gandolfi (1990) e Zuquette (1987).

Como exemplos deste procedimento, podem ser citados os trabalhos de Zuquette (1987), Lollo (1990), Aguiar (1989), Pejon (1992) e Nishiyama (1991).

Este procedimento apresenta alguns problemas, tais como:

- exige um número muito grande de locais de observações e amostragens
- o custo para obtenção do número adequado de informações pode ser alto, caso não sejam produzidos por métodos alternativos,
- os processos de interpolação e extrapolação podem não ser aplicados por falta de atributos controladores, e
- o registro inadequado das informações pode inviabilizar a automatização, ou seja a montagem de um banco de dados e a sua dinâmica de atualização.

FINALIDADE DO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO	ESCALA	NÚMERO MÍNIMO DE PONTOS OBSERVADOS POR Km ²						ÁREAS CHAVES (10 Km ²)	
		Atributos							
		Qualitativos				Quantitativos		Escala	Pontos observados/ Km ²
		Metamórficas e Ígneas		Sedimentares		Geral			
BÁSICO	1:250.000	1/10	Distância entre os pontos observados (m) 3162	1/10	Distância entre os pontos observados (m) 3162	1/10	Distância entre os pontos observados (m) 3162	1:50.000	1/1
REGIONAL	1:100.000	4/10	1581	3/10	1825	2/10	2236	1:25.000	4/1
	1:50.000	6/5	912	1/1	1000	3/10	1825		
	1:25.000	3/1	577	2/1	707	1/10	1000		
DETALHE	1:25.000	5/1	447	4/1	500	4/10	500		
	1:10.000	15/1	258	15/1	258	10/1	316		
	1:5.000	25/1	200	20/1	223	15/1	258		
	1:2.000	40/1	158	35/1	169	25/1	200		

Tabela 20. Número mínimo de pontos observados por Km² na elaboração de mapeamentos geotécnicos (modificada de Zuquette e Gandolfi, 1990).

7.1.2- OBTENÇÃO DOS ATRIBUTOS BASEADA EM DOCUMENTOS ISOLADOS PARA CADA COMPONENTE DO MEIO FÍSICO E PRODUZIDOS POR EQUIPES DIFERENTES

Em países desenvolvidos é comum a elaboração de documentos que retratem os componentes do meio físico por diferentes equipes de profissionais, porém obedecendo a um controle de precisão de apresentação e do conteúdo que são avaliados por uma equipe multidisciplinar. Geralmente, estes documentos gráficos são usados por equipes de geotecnia com fontes básicas de informações para elaboração de mapeamento geotécnico. O uso destes documentos só é possível se foram elaborados de acordo com normas e diretrizes traçadas pelos órgãos e associações das referidas classes profissionais.

Em países desenvolvidos como U.S.A., Canadá, Austrália e Inglaterra as normas e diretrizes são formuladas para serem complementares, normalmente são rigorosas quanto a validade das informações retratadas nos documentos e a densidade de informação.

Este procedimento difere da metodologia do item 7.1.1 , por apresentar as informações arranjadas em documentos gráficos específicos e nem sempre geral. Após avaliação dos documentos existentes é fundamental definir se haverá necessidade de obtenção de novas informações para complementar o trabalho previsto, assim como o custo e a possibilidade de empregar outro procedimento.

No Brasil o emprego deste procedimento é praticamente impossível pelos seguintes motivos:-

- 1- Somente há documentos gráficos que retratem alguns componentes do meio físico para algumas áreas "in vitro" restritas,
- 2- Na atualidade as associações e órgãos representativos dos profissionais estão iniciando a discussão sobre a elaboração de normas e diretrizes para orientar os trabalhos de mapeamentos básicos, porém não visam as interfaces,
- 3- A extensão territorial sempre será um problema, pois exigirá grandes investimentos e um número elevado de profissionais para o desenvolvimento dos trabalhos de mapeamentos básicos,
- 4- Os profissionais não estão preparados para obter informações que tenham validade para as interfaces,
- 5- Não há órgãos e equipes multidisciplinares centralizadas para avaliar os trabalhos desenvolvidos por diferentes equipes profissionais, e
- 6- Os poucos trabalhos de mapeamentos básicos desenvolvidos até o momento não apresentam compatibilidade entre escala, conteúdo e densidade de informações.

Quando for possível utilizar este procedimento, deve-se obedecer uma sequência de etapas como as propostas na Figura 23 .

Figura 23 . Fluxograma das fases básicas propostas para o desenvolvimento de procedimentos para obtenção dos atributos baseada em documentos isolados componentes do meio físico.

7.1.3. PROCEDIMENTO BASEADO NO SEQUENCIAL BÁSICO

Para atender as necessidades constante dos itens é necessário associar um grupo de conhecimentos teóricos a mecanismos de investigação que auxiliem no mapeamento do meio físico, em termos dos seus atributos naturais.

O desenvolvimento deste processo metodológico fundamentou-se na análise dos componenestes do meio físico seguindo um esquema básico, a saber:

1. O MEIO FÍSICO DEVE SER ANALISADO COM BASE NOS LANDFORMS

Para o desenvolvimento dos estudos considerou-se que as condições básicas propostas por VERSTAPPEN (1967), VERSTAPPEN and VAN ZWUIDAN (1968/1975), GRANT and FINLAYSON (1978) e BRINK et alii (1968) são muito adequadas em termos de orientar o desenvolvimento do trabalho, que são:

- liberdade de análise dos terrenos quanto aos níveis de classificação dos atributos,
- uso de princípios básicos simples oriundos da fotointerpretação e morfogênese,
- a análise dos terrenos deve respeitar uma classificação hierárquica em quatro níveis, como proposto:

ESCALAS	NÍVEIS
-----	-----
Menores que 1:100.000	: Província de terreno
entre 1:50.000 e 1:100.000	: Sistema de terreno
entre 1:10.000 e 1:50.000	: Unidade de terreno
Maiores que 1:10.000	: Elementos do terreno
-----	-----

- Que o nível básico para o entendimento de uma região é a UNIDADE DE TERRENO, representada por uma "landform".

Entende-se por:

UNIDADE DE TERRENO: a parcela do meio físico representada por um "landform" ou uma associação de "landforms" homogêneos ou que reúne alguma particularidade seletiva ou ainda por um conjunto de componentes de terreno. A unidade de terreno deve sempre refletir características diferentes das outras dentro de um mesmo sistema. A unidade deve ser definida com base em critérios relacionados ao relevo, genese e composição.

ELEMENTOS DE TERRENO: as subdivisões das unidades de terreno onde as variações mais importantes para sua definição são as formas de encosta ou de drenagens; sendo uniformes em termos de litologia, forma da vertente e perfil de alteração.

SISTEMA DE TERRENO: a parcela do meio físico constituída por um conjunto de "landforms" relacionadas em termos de genese e litologia, mas diferentes dos outros conjuntos.

PROVÍNCIA DE TERRENO: é uma associação de sistemas de terreno e unidades combinadas, uniformes normalmente em termos de litologias.

A partir de BELCHER (1942), o uso de "landforms" A part fundamental para análise do meio físico vem se desenvolvendo continuamente e sempre correspondendo ao esperado.

Diversos estudos devem ser considerados para que novos sejam desenvolvidos, entre os quais citam-se os fundamentais:

- CHRISTIAN and STEWART (1953) que utilizaram pela primeira vez os "landforms" como base para avaliar o meio físico com fins de ocupação.

- CHRISTIAN and STEWART (1968) consideraram que o uso de "landforms" é o caminho mais adequado para a análise global do meio físico e que em uma fase posterior deve ser realizada uma investigação específica para os diversos fins, inclusive os de engenharia (geotecnia).

-Diversos estudos foram realizados por BRINK and PARTRIDGE (1967), BRINK et alii, na África do Sul; BECKETT and WEBSTER (1962) na Inglaterra; GRANT (1968) e AITCHISON and GRANT (1968), GRANT (1975) e GRANT and FINLAYSON (1978) na Austrália. Tais estudos evoluíram para propostas metodológicas, como a P.U.C.E. (Austrália).

Na atualidade há diversos conceitos para "landform", e grande parte deles considera aspectos geológicos-estruturais, os quais não são adequados para regiões onde há espessuras consideráveis do pacote de materiais inconsolidados, como nas regiões tropicais.

Para melhor orientar o entendimento do termo "landform" e o desenvolvimento deste trabalho, considerou-se o conceito exposto por BELCHER (1946), ou seja, "landforms" são elementos do meio físico que possuem composição litológica definida, assim como as variações das características visuais e físicas, tais como: forma topográfica, modelo de drenagem e morfologia.

Com base neste conceito, deve-se mapear "landforms" considerando as características semelhantes em termos de morfologia e morfometria e que reflitam as mesmas condições de evolução (genese). Para avaliar a heterogeneidade de uma "landform" deve-se analisar os tipos de elementos de terreno que a constitui e na individualização devem ser observadas as variações no sentido lateral (mesma altitude) e no vertical (perfil vertical).

As "landforms" permitem ao mapeador a análise de alguns aspectos com maior segurança, tais como: as convariações dos atributos, a validade das extrapolações e as impossibilidades quanto as interpolações.

2. OS TRABALHOS DE FOTOINTERPRETAÇÃO E DE CAMPO DEVEM SER EXECUTADOS A PARTIR DOS SEGUINTE PRINCÍPIOS:

a- Combinação dos mecanismos definidos na bibliografia básica como "landscape approach" e "parametric approach", definidos a seguir:

LANDSCAPE APPROACH - é um conjunto de observações fotointerpretativas e de campo que delimitam as principais descontinuidades de uma região, portanto separando áreas que são consideradas semelhantes e relativas à geomorfologia, à geologia e à evolução (genese), tais como: forma geométrica, ausência de manto de intemperismo, declividade e forma de canais de drenagens e forma das vertentes.

PARAMETRIC APPROACH - corresponde as observações dos atributos que são descritos em termos de valores: inclinações, profundidade do substrato rochoso, variações de altitudes e densidade dos canais de drenagens.

A associação de informações classificadas como semânticas, pragmáticas e quantitativas permite definir as unidades do terreno de maneira que reflitam as principais variações de uma região. Todavia, o mapeamento global do meio físico exige que informações superficiais sejam associadas às variações em profundidade relativas aos materiais rochosos e inconsolidados e às águas, determinando assim um perfil vertical básico para um arranjo tridimensional.

b- O mecanismo mais utilizado para auxiliar a fase de campo e as observações das variações em profundidade é a elaboração de um conjunto de secções verticais direcionadas ortogonalmente às principais variações do relevo, isto é, normalmente ortogonais às drenagens. Nestas secções devem ser colocadas todas as informações existentes, como: topografia, geologia, pedologia e sondagens; de forma que os trabalhos de campo sejam orientados para o levantamento dos atributos que auxiliem na definição dos seguintes aspectos:

- limites entre os materiais inconsolidados, em termos de textura e genese,
- informações sobre a profundidade do substrato rochoso,
- avaliação das áreas de transição entre os diferentes materiais rochosos e inconsolidados e
- possíveis variações em termos do perfil vertical dos arranjos tridimensionais.

3. NO DECORRER DOS TRABALHOS DE CAMPO E FOTOINTERPRETAÇÃO, pode ser fundamental, para o entendimento de uma região, a utilização de modelos como proposto por DALRYMPLE et al (1968), principalmente em escala maior ou igual a 1:50.000.

Trata-se de um modelo funcional (Figura 25) para a análise das variações de uma área, considerando o espaço existente entre as posições mais elevadas e as mais baixas. O modelo é composto de nove

unidades que combinam as mais prováveis formas de relevo e os possíveis processos geológicos atuantes.

Inicialmente, o modelo foi proposto para a análise de um espaço definido, como as bacias hidrográficas; porém, é empregado frequentemente para diversas situações como citam COOKE and DOORNKAMP (1974), Mc CAIG (1985), como também permite adaptações em termos de materiais inconsolidados, litologias e outros detalhes de cada região. A aplicação deste modelo facilita o entendimento da sequência mais provável dos perfis verticais de uma área, assim como o comportamento do escoamento superficial e subsuperficial das águas. Este modelo tem como objetivo auxiliar a elaboração dos mapas do substrato rochoso e dos materiais inconsolidados, associando as informações contidas nas secções dos "landforms", de tal maneira que definam as variações fundamentais em área e profundidade. Em escalas grandes (maiores que 1:10.000), a associação destes mecanismos permite a elaboração de blocos diagramas.

5 - AMOSTRAGEM

1- Considerações Gerais

A fase de amostragem deve sempre ser realizada após a 2ª etapa de trabalhos de campo, conforme Figura 24, de tal forma que seja dirigida a análise e avaliação de um dos seguintes aspectos básicos:

- Para investigar o perfil vertical, quando não foi possível defini-lo através dos trabalhos de campo e levantamento de dados pré-existent. Nesta situação, as amostras devem ser retiradas em locais pré-definidos (área chaves), utilizando equipamentos para investigação sub-superficial, como os trados, equipamentos de sondagens e cortes.

- Na caracterização geral ou específica (função da escala) dos materiais constituintes de cada arranjo tridimensional; neste caso as amostras podem ser retiradas em cortes, cisternas ou barrancos visitados e selecionados na fase de campo, assim como em áreas chaves.

Após ter sido direcionada a amostragem para um dos aspectos, é necessário analisar onde, quando, como e quais as finalidades da amostragem, considerando a escala do trabalho e os aspectos do meio físico mapeados nas fases anteriores:

a - Quanto a escala, duas divisões são necessárias:

- Escalas menores que 1:50.000
- Escalas maiores que 1:50.000

2. Quanto ao meio físico, alguns aspectos devem ser respeitados, pois existem áreas que possuem características que necessitam de investigações dirigidas, de maneira tal que as variações básicas sejam observadas, tais como:

- as áreas onde as espessuras dos materiais inconsolidados são menores que 2m, devem ter somente investigações de campo com pequeno número de amostras para avaliar possíveis anomalias, como expansibilidade e minerais facilmente alteráveis, etc.,

- as áreas onde as declividades são superiores a 20% devem ser amostradas com menor densidade, visto que as possibilidades de ocupações são limitadas e as investigações locais serão responsáveis pela definição final,

- as áreas que se caracterizam por apresentarem profundidades do substrato rochoso entre 2 e 5 m, devem ser amostradas e avaliadas de maneira específica, visto que é possível realizar tradagens manuais com certa facilidade até a profundidade de 5 m e que nelas são encontrados muitos cortes, nas estradas e nas fazendas, assim como cisternas.

- nas áreas constituídas por "landforms" homogêneos (apresentam repetição de um tipo de elemento do terreno), pode se direcionar a amostragens para cada "landform", sendo que as características detectadas devem ser extrapoladas para o "landform" como um todo, assim como para os semelhantes; este procedimento é utilizado normalmente em mapeamentos elaborados em escalas menores que 1:50.000;

- para as áreas constituídas por "landform" heterogêneo, a amostragem deve refletir os diferentes tipos de elementos do terreno.

2 - DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE AMOSTRAGEM

Escalas menores que 1:50.000

O mecanismo mais adequado é a utilização de "áreas chaves", que devem ser selecionadas em função das seguintes condições:

- representar uma extensão significativa da região em estudo;
- representar áreas da região que são semelhantes em termos de "landform", materiais inconsolidados (textura/arranjo), rocha mãe, genese e classe de profundidade do substrato rochoso (quando em escala

1:50.000);

- para cada área chave é necessário definir os tipos de investigações que devem ser realizados, sendo aconselhável a de amostragem com trados associados a sondagens que forneçam informações como os níveis de compacidade (sondagem BORRO, por exemplo).

- a extrapolação deve ser relacionada ao nível de heterogeneidade apresentado pelo "landform".

Escala 1:50.000

É aconselhável o uso de "áreas chaves" que representem os extremos (máximos e mínimos) dos atributos de cada agrupamento de áreas semelhantes.

Escalas maiores que 1:50.000

A realização da amostragem nesta faixa de escalas (1:50.000, 1:25.000, 1:10.000) deve considerar duas situações possíveis:

a - quando o trabalho é um processo de continuidade, ou seja, já existem outros em escalas menores. Neste caso a amostragem deve ser executada com os objetivos de avaliar subdivisões das unidades observadas na escala, em relação ao trabalho anterior e a obtenção de novos atributos. O melhor procedimento será a associação de novas "áreas chaves" e investigações pontuais.

b - quando o trabalho será pioneiro para a região: a amostragem deve ser em maior número do que no caso anterior, pois não se caracteriza como um acréscimo de informação e sim inicial; é aconselhável considerar duas fases que devem ser complementares:

1a. - realizada em sincronia com a etapa de campo e orientada em função das mudanças ocorridas em termos de: litologia e textura dos materiais inconsolidados;

2a. - definição de áreas chaves, seguindo os critérios citados para escalas menores que 1:50.000.

6 - FLUXOGRAMA PARA DESENVOLVIMENTO DESTES PROCEDIMENTOS (FIG.24)

Independentemente da finalidade do mapeamento geotécnico e dos atributos envolvidos, é fundamental que as etapas do fluxograma sejam obedecidas e os atributos obtidos na seqüência proposta no item 6.4.6.

Figura 24 - Etapas básicas que devem ser consideradas no procedimento para obtenção dos atributos. Sequencial básico.

Figura 25 - Modelo proposto por Dalrimple et al. (1968).

7.1.4. PROCEDIMENTO CONSIDERANDO A DIVISÃO BÁSICA DA REGIÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

CONSIDERAÇÕES GERAIS

As regiões possuem um equilíbrio dinâmico resultante da interação entre os componentes do meio físico e que pode ser alterado com a implantação dos diferentes tipos de ocupação antrópica.

O equilíbrio dinâmico tem comportamento específico para cada espaço do meio físico, esta porque apresenta constituição específica em termos dos seus componentes portanto comparam-se de maneira específica a cada tipo de ocupação.

Os trabalhos de mapeamento geotécnico buscam definir, delimitar, caracterizar e classificar estes espaços, com o objetivo de aumentar a eficiência dos resultados obtidos quando da utilização dos mesmos para qualquer dos usos citados na tabela 2.

Um dos objetivos das metodologias de mapeamento geotécnico é a definição dos espaços tridimensionais e suas características de maneira mais precisa possível para facilitar o desenvolvimento dos trabalhos de avaliação do meio físico.

Assim, este mecanismo obedece a sequência básica citada no tópico 7.1.3, porém, considerando como divisão básica do meio físico, as bacias hidrográficas. Na Figura 26, pode-se observar, no fluxograma, a estrutura funcional do procedimento.

DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DAS BACIAS

As bacias hidrográficas devem obedecer a classificação de STRAHLER (1964) e a escolha esta relacionada à escala de trabalho e às características básicas da região.

A escolha da ordem da bacia a ser delimitada deve obedecer a seguinte proposta:

ESCALA	: ORDEM DA BACIA HIDROGRÁFICA	: OUTRAS INFORMAÇÕES
1:250.000	: 5 ou maior	:
1:100.000	:	:
1:50.000	: 4 ou 5	: Tempo de : concentração : Densidade de : canais : Declividade : média dos : principais : canais
1:25.000	: 3 OU 4	: Anteriores : Tipo de vale : (U,V,Misto)
1:10.000	: 2	: Anteriores : Semelhança entre : bacias
1:5.000	: 1	:
1:2.000	: Vertente isolada	:

Após a delimitação das bacias por escalas, é necessário considerar os seguintes aspectos antes da continuidade do trabalho:

- 1.- Em algumas regiões a densidade de canais, na totalidade ou parte da extensão da bacia, pode propiciar a delimitação de um número reduzido ou excessivo de bacias. Neste caso deve-se decidir por uma nova ordem de tal maneira que a divisão da região não comprometa a continuidade do trabalho.
- 2.- A extensão da bacia, em escalas menores que 1:25.000, não deve ter área inferior a 2km², pois dificultaria a análise final devido ao retalhamento da região.
- 3.- Os limites das unidades devem respeitar os limites das bacias, mesmo que existam unidades contíguas.
- 4.- Após a definição e delimitação das bacias hidrográficas a continuidade do trabalho pode obedecer as diretrizes dos mecanismos: densidades de informações, sequências e documentos isolados.

FIGURA 26 Fluxograma da estrutura do procedimento sequencial - divisão básica da região em bacias hidrográficas.

FIGURA 26 Fluxograma da estrutura do procedimento sequencial - divisão básica da região em bacias hidrográficas.

7.2. CARTAS FUNDAMENTAIS INTERPRETATIVAS

7.2.1. MECANISMOS PARA DEFINIR UNIDADES

A definição de unidades com heterogeneidade aceitável ou denominadas de homogêneas é um procedimento obrigatório em diversas etapas do processo de mapeamento geotécnico, principalmente nas finais, quando da elaboração dos documentos gráficos interpretativos, orientativos e conclusivos.

Na definição das unidades é importante considerar a relação heterogeneidade aceitável e homogeneidade, visto que:

1- A homogeneidade é relativa a um grupo de atributos que foram pré-definidos e que são compatíveis.

2- A heterogeneidade aceitável envolve um conjunto de atributos, dentre os quais alguns apresentam níveis não compatíveis com a unidade. Neste caso é fundamental avaliar se esta variação irá interferir no uso futuro dos documentos, assim como no desenvolvimento de trabalhos em escalas maiores. O nível de heterogeneidade de cada unidade pode estar mascarado pelo processo de generalização.

A definição de unidades é o principal e mais cuidadoso trabalho que deve ser realizado na elaboração das cartas de zoneamento geotécnico geral e específico. A precisão das unidades depende dos cuidados da eficiência dos procedimentos adotados, assim como do grupo de atributos e níveis de valores considerados.

Os métodos para definição das unidades estão relacionados a três grupos de procedimentos que são: sobreposição de documentos, hierarquização dos fatores e atributos e combinação de métodos.

1.- SOBREPOSIÇÃO DE DOCUMENTOS

Este procedimento caracteriza-se pela sobreposição dos mapas e cartas que representam as variações dos componentes do meio físico, considerando os atributos envolvidos. Na Figura 27, pode-se observar um exemplo do procedimento, onde são avaliados os três métodos de análise decisória: superposição simples, ponderada e regionalizada.

Figura 27 - Sobreposição cartográfica e regionalização. A e B, mapas simples; C, sobreposição; D, regionalização mantendo os identificadores originais com igual peso; E, subordinação dos identificadores das unidades do mapa A ao mapa B; F, subordinação dos identificadores das unidades do mapa B ao mapa A; G, fusão das unidades originais em quatro novas unidades totalmente redefinidas. (segundo Rodoman, apud Coelho, 1980)

Nas figuras 27 A e B observa-se: o resultado obtido da superposição simples, onde os componentes tem igual peso; superposição ponderada, onde os atributos tem importância diferenciada e da superposição regionalizada, onde os atributos são reunidos (fusão) originando as unidades (generalização tipológica segundo Varnes, 1974).

Os métodos de superposição apresentam, como vantagem, a possibilidade de serem conduzidos por meios computacionais.

2.- HIERARQUIZAÇÃO DOS FATORES E ATRIBUTOS

As unidades são definidas após ter ocorrido uma hierarquização dos atributos, considerando a escala, a finalidade e os componentes do meio físico e pode ser conduzida por um dos seguintes métodos: classes taxonômicas, matrizes e árvores lógicas.

As classes taxonômicas são unidades definidas a partir de um conjunto de informações sobre o meio físico, agrupadas em função da escala e das finalidades do trabalho. Na Tabela 21, observa-se um exemplo de unidades taxonômicas. Este método é muito eficiente quando é possível defini-las para uma região; assim podem ser aplicadas por diferentes profissionais. Como exemplo, no caso do Brasil, citam-se as regiões da Depressão Periférica e do Planalto Ocidental.

UNIDADE TAXONÔMICA	MODELO SIGNIFICATIVO	ATRIBUTOS PARA DELIMITAR	USOS E FINALIDADES
REGIÃO	Modelo estrutural tecto-genético dos maiores elementos da Terra	Formações ecológicas: c/característica básica e inform. no arranjos, desenv.sob condições geotécnicas similares.	Avaliação dos grandes territórios
ÁREA	Modelo de paisagem com unidades geomorfológicas grandes	Feições da paisagem e de macromorfologia: básica (uniformes)	
ZONA	Modelo litológico de complexos superficiais	Uniformidade nas distribuição de certos tipos litológicos relacionados geneticamente	Planejamento do uso detalhado do terreno. Avaliação do amb.geológico p/obras de gde. porte.
SUBZONA	Modelos geotécnicos do terreno	Estrutura uniforme e arranjo dos tipos geotécnicos de solos e rochas	Seleção de locais. Estimção das dificuldades de mat.construção. Planejamento da investig. detalhada.
DISTRITO	Modelo geotécnico das condições de fundações	Unifor.do arranjo de solos e rochas, condições hidrogeológicas e processos geotécnicos	Avaliação detalhada das condições técnicas p/projetos urbanos.

TABELA 21 - Exemplo de unidades taxonômicas (apud Zuquette, 1987)

As matrizes podem ser bidimensionais e tridimensionais, sendo que as primeiras definem as unidades considerando atributos locais e as tridimensionais permitem considerar atributos, locais e as suas variações com a profundidade permitindo uma análise espacial das unidades.

As árvores lógicas não apresentam complexidade tão elevada quanto as matrizes e permitem definir as unidades a partir de um número elevado de atributos. Na Figura 28 , observa-se um exemplo de aplicação do método da árvore lógica e na Figura 29 , a carta representando as unidades delimitadas após a definição.

3.- COMBINAÇÃO DE MÉTODOS

As unidades, definidas no mapeamento geotécnico, devem representar, o mais fielmente, as variações do meio físico; para que este objetivo seja atingido, é necessária a seguinte combinação de métodos:

- classe taxonômica + árvore lógica;
- árvore lógica + matrizes;
- classe taxonômica + árvore lógica + matrizes e
- superposição regionalizada + árvore lógica.

Combinando o método da classe taxonômica com a árvore lógica atinge-se o melhor resultado quando se consideram as classes taxonômicas das bacias hidrográficas para as diferentes escalas e a árvore lógica para a sua subdivisão. Esta combinação é importante pois permite a análise de cada bacia através de árvores lógicas diferentes. A combinação da árvore lógica com as matrizes possibilita a análise espacial entre as unidades.

A terceira combinação é resultante da composição das anteriores e produz uma das análises mais completas, porém é muito trabalhosa e exige muito tempo.

A superposição regionalizada combinada com árvores lógicas apresenta bons resultados quando a superposição considera as bacias hidrográficas e as formas de terreno ("landforms").

Figura 28 - Exemplo de definição das unidades utilizando-se o método da árvore lógica (Pejon, 1992).

Figura 29 - Exemplo de carta de zoneamento geotécnico geral obtida por meio do método da árvore lógica (Pejon, 1992).

7.2.2 - NIVEIS MAIS ADEQUADOS DOS ATRIBUTOS PARA A ELABORAÇÃO DAS CARTAS FUNDAMENTAIS INTERPRETATIVAS

Para a elaboração das cartas interpretativas, não basta conhecer os atributos que devem ser considerados, mas também, os seus níveis, para que seja possível a definição de classes de adequabilidade ao fim e em continuidade a delimitação das unidades e as respectivas classificações.

As classes de adequabilidade foram montadas a partir da experiência de trabalhos desenvolvidos em diversas regiões do Brasil e das informações obtidas através do levantamento bibliográfico.

As classes foram montadas com os seguintes objetivos:

- 1- Facilitar o entendimento ao usuário em termos de uma análise básica e em seguida avaliar os atributos e suas importâncias quanto ao conteúdo da carta.
- 2- Orientar o uso e a escolha dos recursos operacionais e tecnológicos que serão mais eficientes para cada unidade.
- 3- Entender e estimar as possibilidades de riscos.
- 4- Avaliar potenciais de impactos ambientais negativos.

Considerando os objetivos, atributos e seus níveis e finalidades definiu-se quatro classes básicas, que em função do detalhamento ou necessidades podem ser subdivididas em subclasses:

TIPOS DE CLASSES DE ADEQUABILIDADE

a) FAVORÁVEL

A totalidade dos atributos apresentam níveis adequados, podendo ocorrer que no máximo dois atributos de importância secundária apresentem níveis que os colocariam na classe moderada.

Na definição da classe favorável não se deve considerar um número maior de atributos que não atendam as suas condições, tal fato poderá provocar mudanças de classes para a mesma área em função de estudos posteriores na mesma escala, assim como poderá deixar dúvidas aos usuários quanto aos possíveis erros de análise.

A classe favorável significa que os recursos tecnológicos necessários à implementação serão os mais simples e baratos, o potencial de impactos negativos e de riscos serão os mais baixos dentro da região em estudo.

b) MODERADA

Nesta, 80% (oitenta por cento) ou mais dos atributos fundamentais devem apresentar níveis compatíveis com as classes moderada e favorável. Em áreas classificadas como moderadas há possibilidades de ocorrência de impactos negativos e riscos. No decorrer da implantação de um tipo de ocupação poderá haver necessidade de recursos operacionais e tecnológicos mais onerosos e com alguma complexidade.

c) SEVERA

Nesta classe não mais do que 15% (quinze por cento) dos atributos devem apresentar níveis compatíveis com as classes moderada e favorável e também no máximo 15% (quinze por cento) na restritiva. Uma área classificada como severa apresenta possibilidades concretas quanto a ocorrência de impactos ambientais negativos e de riscos. Poderá, também, exigir recursos operacionais e tecnológicos caros e complexos para implementar as ocupações em comparação com a favorável.

d) RESTRITIVA

Somente 20% (vinte por cento) dos atributos podem apresentar níveis que o caracterizem como das classes favoráveis, moderada e severa. As áreas que se enquadram nesta classe devem ser ocupadas com o maior cuidado pois exigirão recursos tecnológicos complexos e onerosos, podendo não compensar em termos de rendimentos, devido aos problemas que poderão ocorrer, como os impactos ambientais negativos e possibilidades de riscos.

Nas Tabelas 22 a 28 encontram-se os atributos e seus níveis pertinentes às classes de adequabilidade das cartas fundamentais interpretativas para: disposição de rejeitos, fundações, potencial agrícola, estradas, corrosividade, barragens rurais e escavabilidade.

COMPONENTES	CLASSES ATRIBUTOS	FAVORÁVEL	MODERADA	SEVERA	RESTRITIVA	
SUBSTRATO ROCHOSO	PROFUNDIDADE (m)	> 1,5	> 0,7	< 0,5	< 0,2	
MATERIAL INCONSOLIDADO	Textura	Média Argilo- Arenosa e Argilosa	Areia (< 30%)	Arenosa (> 90%)	Arenosa/ Argilas expansivas	
	Estruturas	Moderada ou sem			maciça, estrutura grosseira	
	Consistência	Friável		Dura	Muito dura	
	Níveis de Umidade	Boa retenção			Baixa retenção	
	C.T.C. (cap. troca catiônica) (meq/100g TFSA)	> 20 meq/100 (superficial) > 10 meq/ (subsuperficial)	10 meq/100 g (superf.) 5 meq/100 g (subsuperficial)	> 2 meq/100 (superf. e subsperficial)	< 2 meq/ 100 g	
	Δ pH	Negativo			Positivo	
	pH	5,5 - 7,5			< 4 > 8	
	Nutrientes	Altos níveis			Baixos níveis	
	Pedregosidade	Sem ocorrência (< 0,1 %)	Pequena ocorrência (0,1 - 1%)	Média (> 2 %)	Alta ocorrência (> 3 %)	
	Salinidade Ece* MS/CM	> 2	2 -8	8-15	> 15	
	Bódio (meq/100g)	> 0,2	0,2 -1	> 1	> 2	
	Sódio $\frac{\text{Nat}}{\text{troca- C.T.C.(\%)}}$ vel	> 2	2 - 10	> 10	> 15	
	Capacidade de campo Ponto de Murchamento (Δm)	Alto	Médio	Baixo	Baixo	
	Porcentagem Mat. Orgânica	> 4 %	2 %	1 %	< 0,1 %	
	Saturação em Bases (%)	> 60	20 -60	< 20	< 10	
Condições para irrigação	Meio Físico / Águas	Ade- quado	Ade- quado	Média	Média	Inadequado em um dos fatores
ÁGUAS	Drenabilidade	Boa	Médio	Má	Má	
	Profundidade Na (m)	> 2	1 -2	< 1	< 0,5	
RELEVO	Declividade (%)	< 8	8 -12	> 12	> 20	
RISCOS	Erosão	Baixo	Médio	Alto	Alto ou Muito Alto	
	Contaminação das águas subterrâneas	Nulo a baixo	Baixo	Médio	Alto	

* Condutividade elétrica do extrato de saturação.

Tabela 22. Combinação de atributos e níveis que definem as classes da carta de potencial agrícola.

COMPONENTES	CLASSES ATRIBUTOS	FAVORAVEL	MODERADA	SEVERA	RESTRITIVA
	LITOLOGIA			ROCHAS COM CIMENTOS CARBONATICOS	CALCAREOS, FILITOS CARBONOSOS, ROCHAS COM SO_4^{2-} , S_6 , CO_3^{2-}
S. ROCHOSO	SO_3 (%)	NÃO	< 0,2		> 0,8
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	TEXTURA	ARENOSA	ARENO-SILTOSA	QUALQUER COM CARBONATOS	INTERCALAÇÕES DE TEXTURAS NOS PERFIS
	ORIGEM	RESIDUAL E MADURO			RESIDUAIS JOVENS, TALUS, ETC.
	SO_3 (%)	NÃO	< 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
	S	NÃO			
	PH (FERRO CONCRETO)	6,5 - 8,5	4 - 6,5	2 - 4	< 2
	ACIDITY (meq/100 g)	< 8	8 - 12	12 - 15	> 15
	POTENCIAL REDOX	> 100 M.V.	50 - 100	0 - 50 MV	NEGATIVO
	CONDUTIVIDADE (MMHO/CM)	< 0,2	< 0,4	< 1,0	< 1,0
	RESISTI- ferro VIDADE	> 1500	1200 - 1500	700 - 1200	< 700
		> 7500	4000 - 7500	2000 - 4000	< 1000
ÁGUAS	SO_3 (g/l)	NÃO	< 0,3		> 1,2
	FLUTUAÇÕES DO NÍVEL FREÁTICO	MUITO PEQUENA	PEQUENA (< METRO)	SIGNIFICATIVA (METROS)	SIGNIFICATIVA (METROS)
	DRENABILIDADE	BOA			MÁ
		ZONAS SECAS			ZONAS ÚMIDAS
	PH	6,5 - 8,5	4,0 - 6,5	2 - 4	< 2
	POTENCIALIDADE (REDOX)	> 100 MV	50 - 100	0 - 50 MV	NEGATIVO

TABELA 23 Relação entre atributos e classes da carta de potencial a corrosividade.

COMPONENTES	CLASSES ATRIBUTOS	FAVORÁVEL	MODERADA	SEVERA	RESTRITIVA
SUBSTRATO ROCHOSO	TIPO LITOLÓGICO				CALCARIOS
	INCLINAÇÃO DO TOPO ROCHOSO	< 5 %	5 - 8 %	> 8 %	> 12 %
	PROFUNDIDADE (m)	< 2	5 - 10	< 15	> 15
	DESCONTINUIDADE	POUCOS E COM BAIXA INCLINAÇÃO	MÉDIAS	MUITAS	MUITAS E COM INCLINAÇÃO DESAVORÁVEL
	MINERAIS EXPANSIVOS	NÃO	POUCOS	CONSIDERÁVEL	
	RESISTÊNCIA/SUORTE	ALTA 0,6 - 10 mPa	MÉDIA	BAIXA	BAIXA < 0,05 mPa
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	TEXTURA/CONSISTÊNCIA				ARENOSA/FOFA ARGILOSA/MOLE
	VARIAÇÃO NO PERFIL DE ALTERAÇÃO	PROGRESSIVA PARA ROCHA ALTERADA E Sã			HOMOGÊNEO
	PRESENÇA DE MATAÇÕES	NÃO	OCORRE PEQUENOS	OCORRE GRANDES	OCORRE MUITOS E GRANDES
	ÍNDICE DE VAZIOS (COLAPSIVIDADE, RECALQUE)	OCORRE MAS EM CAMADA < 1 m	< 2 m	< 4 m	> 5 m
	CAMADA ORGÂNICA	NÃO	OCORRE SUPER- FICIALMENTE (< 2 m)	OCORRE (< 5m)	OCORRE
	EXPANSIBILIDADE	BAIXA	MÉDIA	MÉDIA	ALTA
	RESISTÊNCIA SUPORTE DE ACORDO COM A VARIAÇÃO	ALTA SPT > 25	MÉDIA		BAIXA SPT < 5
	COLAPSIVIDADE E CAMADAS COMPRESSÍVEIS	NÃO	OCORRE SUPER- FICIALMENTE (< 2 m)	OCORRE (< 5 m)	OCORRE
	CORROSIVIDADE	CLASSE FAVORÁVEL			CLASSE RESTRITIVA
ÁGUA	PROF. N.A. (N)	> 15			< 2
	CORROSIVIDADE	CLASSE FAVORÁVEL			CLASSE RESTRITIVA
RELEVO	DECLIVIDADE (%)	< 5	5 - 10	10 - 20	> 20%

TABELA 24 Relação entre atributos e classe da carta para fundações.

COMPONENTES	CLASSES ATRIBUTOS	FAVORÁVEL	MODERADA	SEVERA	RESTRITIVA
SUBSTRATO ROCHOSO	TIPO LITOLÓGICO	FILITO XISTOS	QUARTZITO	ARDÓSIA	GNAISSE
	GRAU DE ALTERAÇÃO	ALTO	MÉDIO	BAIXO	ROCHA SA
	DESCONTINUIDADE (JV)	MUITO ALTO	MÉDIO	BAIXO	BAIXO
	PROFUNDIDADE (m)	> 5	< 5	< 1	< 0,5
MATERIAL INCONSOLIDADO	TEXTURA	ARENOSA MÉDIA	MÉDIA	ARGILOSA	MUITO ARGILOSA
	PRESENÇA DE E MATAÇÕES	NÃO	POUCOS E MÉDIOS	GRANDES	MUITO E EM SUPERFÍCIES
	PRESENÇA DE CAMADAS ORGÂNICAS	NÃO	< 0,5 m	1 m	> 1 m
	CAMADAS LATERIZADAS	NÃO	POUCO ESPESSA E DE BAIXA DENSIDADE	ALTA DENSIDADE	ESPESSA E ALTA DENSIDADE
	PRESENÇA DE MINERAIS EXPANSIVOS	NÃO	POUCO	QUANTIDADE RAZOÁVEL	GRANDES QUANTIDADES (VERTILOSOS)
	GRAU DE COMPACTAÇÃO	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO
ÁGUAS	PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA (m)	> 5	< 4	< 2	< 1
	DRENABILIDADE (CONDIÇÕES)	BOA ZONAS SECAS			MÁ ZONAS ÚMIDAS
RELEVO	DECLIVIDADE (%)	< 8	8 - 15	15 - 20	> 20
OCUPAÇÃO	DISTÂNCIA DAS CONSTRUÇÕES (m)	> 300 m			< 30 m
EQUIPAMENTOS	MANUAL	X			
	MECÂNICO COMUM	X	X		
	MECÂNICO PESADO		X	X	
	EXPLOSIVO			X	X

TABELA 25 Relação entre atributos e classes para a carta de condições de escavabilidade.

	ATRIBUTOS	CLASSES			
		FAVORÁVEL	MODERADA	SEVERA	RESTRITIVA
BARRAGENS RURAIS alt. máx = 18 m volume de aterro < 700.000 m ³		áreas com as melhores condições para viabilidade de implantação da obra	áreas menos adequadas devido a algumas dificuldades, porém, com soluções viáveis	áreas com grandes dificuldades, exigindo alto custo para alternativas de solução	áreas impróprias sem qualquer potencialidade, e/ou local e materiais inexistentes
LOCAL	TIPO DE VALE	em "V" fechado	misto	em "U" aberto	aberto
	ÁREA DA BACIA	< 15 Km ²	15 - 30 Km ²	> 30 Km ²	sem captação perene ou > 48 Km ²
	AMPLITUDE DO RELEVO	> 60 m	20 - 60 m	20 m	< 20 m
	DECLIVIDADE DA VERTENTE DO TALVEGUE (%)	> 10 %	5 - 10 %	< 5 %	> 5 %
		> 10 %	> 10 %	5 - 10 %	< 5 %
	ESPESSURA DO M.I.	5 m	< 5 m	> 5 m	< 1 m
	DESCONTINUIDADES DENSIDADE	baixa	baixa	alta	alta
	DIREÇÃO/EIXO	paralela	transversal	transversal	perpendicular
	MOVIMENTOS DE MASSA (POTENCIAL)	não	baixa	média	alta
MATERIAIS DE EMPRÉSTIMO	COMPACTAÇÃO: d MAX w (%)	---	---	---	< 1,2 g/cm ³
		---	---	---	> 30 %
	% DE MICAS	< 3 %	3 - 10 %	> 10 %	> 10 %
	EXPANSIBILIDADE	muito baixa	baixa	média	alta
	TEXTURA	argila arenosa argila siltosa	silte argiloso silte arenoso	areia siltosa areia argilosa	argila ou areia
	AREIAS média p/ drenos e transições	grande volume	pequeno volume	inexistente	inexistente
	BRITA E MATERIAIS DE TRANSIÇÃO (cascalho, brita, saibro)	grande volume	pequeno volume	inexistente	inexistente
	DISTÂNCIA DOS PONTOS DE MATERIAIS DE EMPRÉSTIMO	próxima ao local da barragem	média	distante	inexistente
	CLASSIFICAÇÃO M.C.T.	LA'	LA/LE	NA/NA'	NS'/NG

TABELA 26 Relação entre atributos e classes para inventários para barragens rurais (modificada de Souza, 1992).

7.3. DOCUMENTOS ANALÍTICOS E CONCLUSIVOS

7.3.1. CARTAS DE RISCOS

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na atualidade, há uma grande preocupação dos diferentes profissionais envolvidos com os estudos do meio físico no que se refere às condições de avaliação dos eventos perigosos ("hazards") e dos riscos associados nos diferentes países. Nos últimos congressos e simpósios da Associação Internacional de Geologia de Engenharia (I.A.E.G.), centenas de artigos foram publicados, abordando os mais diferentes aspectos relativos ao assunto. Estas publicações podem ser classificadas em dois grandes grupos:

1º) Oriundos dos países mais desenvolvidos que, na sua maioria, tratam de problemas localizados, seguidos por trabalhos com enfoques regionais e preventivos.

2º) Dos países com condições técnico-econômicas inferiores abordam problemas locais, raramente são preventivos e com caráter de estudos regionais com a finalidade de orientar a ocupação.

Da revisão bibliográfica ainda pode-se afirmar que os artigos oriundos dos países desenvolvidos, mesmo referindo-se a estudos locais, estão baseados em documentos com enfoques regionais e preventivos, em escalas entre 1:250.000 e 1:50.000, o que não ocorre com os artigos dos países pouco desenvolvidos.

Do grupo de artigos analisados observa-se também que os conceitos sobre riscos, desastres, eventos perigosos ("hazards") e outros termos relacionados são diversos e não há uma proposta conceitual que predomina. Dentre as publicações existentes, pode-se destacar algumas que apresentam informações que possibilitam a orientação dos estudos futuros em países pouco desenvolvidos, tais como: Fookes (1987), Culshaw et alii (1990), Brook and Marker (1987), Dearman (1987), Antoine et alii (1987), Varnes (1984), Hearn & Fulton (1987), Hansen (1984) e Demek (1972), porém estes trabalhos consideram premissas típicas de países desenvolvidos, onde há grande conhecimento sobre os componentes do meio físico. Nos países menos desenvolvidos, os conhecimentos sobre o meio físico são muito restritos; no Brasil, são poucas as áreas com informações em escalas maiores que 1:250.000 e, quando há, não são globais mas somente sobre um dos componentes (solo, geologia, etc.). Tais condições dificultam a elaboração de documentos básicos voltados a orientação e ao planejamento da ocupação, como as cartas e mapas geotécnicos e de riscos.

Outro ponto que deve ser enfatizado é a necessidade de trabalhos que sejam lógicos, assim como o estabelecimento de uma sistemática para avaliar o meio físico e determinar as áreas sujeitas a eventos naturais ou de interface, que podem ser classificados como perigosos. Para o desenvolvimento de trabalhos lógicos e sequenciais, é necessário considerar alguns pressupostos fundamentais que são:

- o uso de conceitos amplos,
- basear os trabalhos em princípios metodológicos,
- elaborar trabalhos com objetivos de prevenção e planejamento,
- ser realizado por documentos confiáveis que retratem o meio físico em termos de todos os seus componentes e
- ser realizado por equipe técnica com conhecimento adequado sobre as variações do meio físico.

Dentre as referências consultadas as seguintes relações são comuns a grande maioria e sugerem uma seqüência lógica para a análise em termos de definir os riscos associados aos eventos perigosos:

Analisando a seqüência lógica e as possibilidades de ocorrerem eventos perigosos, pode-se afirmar que uma região pode estar sujeita a eventos perigosos originados devido a fatos antrópicos, fenômenos naturais (geológicos e atmosféricos) e/ou devido às interfaces.

Na Tabela 30 observa-se as principais fontes de eventos perigosos ("hazards") que podem ocorrer no Brasil, assim como as suas características em termos de extensão da área atingida, dinâmica, tipos de perdas, previsão e prevenção.

IMPORTÂNCIA DAS CARTAS DE RISCOS

O processo de planejamento e de desenvolvimento regional requer estudos para avaliar os possíveis eventos perigosos naturais ou de interfaces que podem ocorrer, assim como os impactos que podem causar às diferentes formas de ocupação (Johnson & Luza, 1987). Para que a condição acima seja atendida, é fundamental a elaboração de alguns documentos gráficos a partir da carta de zoneamento dos eventos perigosos e dos documentos que constituem o mapeamento geotécnico, como:

Fontes	Meio Físico	Atmosférico	Interação Antrópica	Área Atingida	Dinâmica	Tipos de Perdas	Previsão		Prevenção
							Espacial	Temporal	
Falhas Ativas	X			2	2-3	1-2-3	S	M.D	1-2-3
Sismos	X			2	3	1-2-3	M.D	M.D	1-2-3
Tufões		X		2	2-3	1-2-3	S	S	2-3
Marés		X		1	2	1 - 3	S	S	1-2-3
Seca		X		2	1-2	1	S	T	1-2-3
Poluição do ar		X	X	1-2	1-2-3	1 - 3	S	S	1-2-3
Salinização/Solos Salinos	X		X	1 - 2	1	1	S	S	2
Inundação	X	X	X (Facultativo)	1 - 2	2-3	1-2-3	S	T	1-2-3
Erosão	X	X	X	1 - 2	1	1 - 3	S	S	1 - 2
Sedimentação Costeira (Assoreamento) Continental	X	X	X	1 - 2	1	1 - 3	S	T	1 - 2
				1 - 2	1	1 - 3	S	T	1 - 2
Subsidência (Carstica, Mina)	X	X	X	1	1-2-3	1 - 3	S	M.D	2 - 3 X
Movimento de Massa	X	X ou X	X ou X	1	2-3	1-2-3	S	T	1-2-3
Expansibilidade	X fixos e variáveis	X	X	1	1	1 - 3	S	T	1 - 2
Poluição Água Subterrânea	X		X	1 - 2	1	1-2-3	S	S	1 - 2
Recalques/Colapsividade	X		X	1	1	1 - 3	S	T	1 - 2
Rompimento de Tubulações	X	X	X	1	3	1-2-3	S	M.D	1 - 2
Rompimento de Reservatórios	X	X	X	1 - 2	3	1-2-3	S	M.D	1-2-3
Desertificações	X	X	X	1	1	1	S	S	1 - 2
Combustão Espontânea de Turfas	X	X		1	2	1-2-3	S	N	1 - 2
Poluição de água superficial	X	X	X	1 - 2	1	1-2-3	S	S	1 - 2
Poluição do Solo	X	X	X	1 - 2	1	1 - 2	S	S	1 - 2
Presença de substâncias perigosas no solo/H ₂ O	X			2	1	1 - 2	S	N/M.D	1 - 2
Geadas		X		2	2	1 - 3	M.D	T	3

Tabela 29 - Principais fontes de eventos perigosos e suas características básicas.

ÁREA	DINÂMICA	TIPOS DE PERDAS	PREVENÇÃO	PREVISÃO
1-Local	Lento-1	1-Materiais	1-Medidas	S-Sim
2-Regional	Rápido-2	2-Vidas	Estruturais	N-Não
	Muito Rápido-3	3- Perdas Indiretas	2-Regulamentação de uso da terra	M.D-Muito Difícil
			3-Plano de energia	T-Às vezes é possível
				P-Po

Fontes	Melo Físico	Atmosférico	Interação Antrópica	Área Atendida	Dinâmica	Tipos de Perdas	Previsão Especial	Prevenção
Falhas Ativas	X			2	2-3	1-2-3	S H.D	1-2-3
Sismos	X			2	3	1-2-3	H.D H.D	1-2-3
Tufões		X		2	2-3	1-2-3	S S	2-3
Marés		X		1	2	1-3	S S	1-2-3
Seca		X		2	1-2	1	S T	1-2-3
Poluição do ar		X	X	1-2	1-2-3	1-3	S S	1-2-3
Salinização/Solos Salinos	X		X	1-2	1	1	S S	2
Inundação	X	X	X (Facultativo)	1-2	2-3	1-2-3	S T	1-2-3
Erosão	X	X	X	1-2	1	1-3	S S	1-2
Sedimentação [Costeira (Assoreamento)] Continental	X	X	X	1-2	1	1-3	S T	1-2
Subsidência (Carstica, Minas)	X	X	X	1	1-2-3	1-3	S H.D	2-3 X
Movimento de Massa	X	X ou X	X ou X	1	2-3	1-2-3	S T	1-2-3
Expansibilidade	X fixos e variáveis	X	X	1	1	1-3	S T	1-2
Poluição Água Subterrânea	X		X	1-2	1	1-2-3	S S	1-2
Recalques/Coleabilidade	X		X	1	1	1-3	S T	1-2
Rompimento de Tubulações	X	X	X	1	3	1-2-3	S H.D	1-2
Rompimento de Reservatórios	X	X	X	1-2	3	1-2-3	S H.D	1-2-3
Desertificações	X	X	X	1	1	1	S S	1-2
Combustão Espontânea de Turfas	X	X		1	2	1-2-3	S H	1-2
Poluição de água superficial	X	X	X	1-2	1	1-2-3	S S	1-2
Poluição do Solo	X	X	X	1-2	1	1-2	S S	1-2
Presença de substâncias perigosas no solo/H ₂ O Geada	X			2	1	1-2	S H/M.D	1-2
		X		2	2	1-3	H.D T	3

ÁREA	DINÂMICA	TIPOS DE PERDAS	PREVENÇÃO	PREVISÃO
1-Local	Lento-1	1-Materiais	1-Medidas Estruturais	S-Sim
2-Regional	Rápido-2	2-Vidas	2-Regulamentação de uso da terra	H-D-Muito Difícil
	Muito Rápido-3	3-Perdas Indiretas	3-Plano de energia	T-Às vezes é possível
				P-Po

Tabela 29 - Principais fontes de eventos perigosos e suas características básicas.

- carta de riscos para os tipos de ocupação atuais,
- carta de riscos para os tipos de ocupação a serem implantados.

Estas cartas devem refletir o tipo de evento, a área de sua influência, o nível de intensidade, a vulnerabilidade de cada elemento, os riscos sobre as diferentes formas de ocupação e as interferências das formas de ocupação sobre as condições geológico-geotécnicas e atmosféricas.

ELABORAÇÃO

Os estudos para elaborar os documentos relativos aos eventos perigosos e aos riscos associados devem ser executados em função da escala, informações existentes sobre o meio físico e finalidades dos documentos produzidos (Hearn & Fulton, 1987). Na Tabela 30, a seguir, apresenta-se 3 níveis de documentos que podem ser elaborados considerando as faixas de escalas:

Tabela 30 - Relação entre Escala X Finalidade X Níveis de informações utilizadas.

ESCALAS	FINALIDADE	DOCUMENTOS CONSIDERADOS E INFORMAÇÕES
1:250.000 a 1:100.000	- Avaliação regional para definir: 1- trabalhos em escalas maiores, 2- grandes grupos de eventos, 3- deficiências de informações e 4- viabilidade de obras longitudinais.	Mapas existentes e informações predominantemente obtidas por meios indiretos (mapa das condições geológico-geotécnicas).
1:100.000 a 1:25.000	- Viabilidade e projeto básico das diferentes formas de ocupação. - Elaboração das cartas de zoneamento de eventos e de riscos associados. - Definição das áreas a serem estudadas em detalhes. - Proposição de ações preventivas. - Delimitação das áreas totalmente restritas à ocupação.	Documentos sobre os componentes do meio ambiente. Carta de zoneamento geotécnico geral e os outros documentos gráficos que constituem o mapeamento geotécnico.
> 1:25.000	- Realização de projetos específicos para desenvolvimento das formas de ocupação, proteção e recuperação de áreas sujeitas aos eventos perigosos.	Mapeamento geotécnico e avaliação global das áreas sujeitas aos eventos perigosos.

As condições estipuladas na Tabela 30, podem ser atendidas desde que constam da Figura 20 sejam mantidas conforme o esquema abaixo, que os representam.

7.3.2 - CARTAS DE VIABILIDADES

Estas cartas quando realizadas devem apresentar clareza, exatidão e precisão quanto ao conteúdo e as indicações para as finalidades previstas.

Na elaboração destas cartas obrigatoriamente deve-se considerar as informações relativas ao meio físico, ao meio biológico e aspectos sócio-econômicos, de tal maneira que cada unidade definida receba índices que possibilitam hierarquizá-las em termos de possíveis problemas e ordem dos custos que ocorrerão quando da implementação dos tipos de ocupação.

Estas cartas podem ser elaboradas para um único tipo de ocupação ou para um grupo de tipos que são típicos de espaços territoriais urbanos ou regionais.

O fluxograma da figura 30 tem por objetivo orientar quanto as etapas básicas para elaboração das cartas de viabilidades:

Segundo Young (1978 apud Mcrae & Burnhan, 1981) há seis princípios básicos que devem ser considerados na elaboração de documentos gráficos de viabilidades:

- 1- As cartas devem ser elaboradas para tipos de ocupação pertinentes à um mesmo espaço territorial,
- 2- A avaliação deve comparar os benefícios obtidos com os investimentos necessários a implantação e manutenção,
- 3- É obrigatória a multidisciplinariedade das informações,
- 4- Devem ser consideradas as informações locais e regionais relevantes aos tipos de ocupação,
- 5- O documento gráfico deve considerar as possibilidades, de degradação ambiental.
- 6- Devem apresentar resultados comparativos entre 2 ou mais tipos de ocupação.

Em termos de orientar a elaboração das cartas de viabilidade foi proposta pela FAO (1976) algumas diretrizes que podem ser empregadas de maneira generalizada.

A estrutura da FAO (1976) está baseada em 4 níveis de adequabilidade hierárquica, ou seja, ordem, classe, subclasse e unidade:

ORDEM - deve indicar se a área é adequada, inadequada ou intermediária quanto a finalidade em análise.

- * m.C.g.g. - Mapa das condições geológica-geotécnica
- * m.c.g.g. - Carta de zoneamento geotécnico geral
- * m.z.g.e. - Carta de zoneamento geotécnico específico

Figura 30 . Fluxograma das fases básicas para elaboração das cartas de viabilidade.

CLASSE - é uma subdivisão da ordem e especifica o grau de adequabilidade ou não. Apesar de não haver limitações no número de classes, é aconselhável optar entre 3 e 5.

SUBCLASSE - deve indicar as intensidades das limitações, principalmente das subclasses adequadas e deve listar as limitações.

UNIDADE - deve buscar refletir informações que afetam de maneira direta o tipo de ocupação, sendo muito usada para situações localizadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho reúne um conjunto de informações básicas destinadas a orientar a elaboração do mapeamento geotécnico para condições brasileiras, elaboradas a partir de um extenso levantamento bibliográfico, tanto a nível internacional quanto nacional e em trabalhos desenvolvidos em aproximadamente 20.000 km².

As informações apresentadas poderão ser adaptadas quando do desenvolvimento de trabalhos em regiões com meio físico específico.

Estudos futuros poderão contribuir no sentido de torná-las mais adequadas, principalmente nos seguintes aspectos:

- na definição dos atributos e seus níveis para estabelecer classes de adequabilidades para as atividades antrópicas,
- nos procedimentos de obtenção dos atributos para elaboração dos mapas fundamentais básicos,
- nos mecanismos para representação tridimensional e
- na elaboração dos mapas de "landforms".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD FERNANDEZ, J.; AYOLA CARCEDO, F.J.; PERNIA DLERA, J.M. (1980) Large scale, 1:1.000 - 1:5.000, geotechnical mapping by the Spanish Geological and Mining Institute, for industrial and urban planning, BIAEG, nº 21, p. 83-90, Germany.
- ABAD FERNANDEZ, J.; DEL MORA, J.; PENA PINTO, J.L. (1979) Spanish experience of geotechnical cartography in an urban area. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 19, pp. 79-84.
- AGUIAR, R.L. (1989) Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos - SP. Contribuição ao Planejamento. São Carlos - SP. (Mestrado - EESC/USP).
- AITCHISON, G.D. & GRANT, K. (1968) Terrain evaluation for engineering land evaluation, MacMillan, Melbourne, pp. 124-146.
- AITCHISON, G.D. & GRANT, K. (1968) Proposal for the Application of the PUCE Program of Terrain Classification and Evaluation to Some Engineering Problems. Proceedings 4th. Conf. Ass. Road Railway Builders, v. 4.

- ALBRECHT, K.J.E. (1992) Mapeamento geotécnico preliminar da região de Águas de Lindóia (SP) - escala 1:50.000. São Carlos, 2 v. (Mestrado EESC/USP).
- AMI, H.M. (1900) On the geology of the principal cities of Canadá. Transactions of the Royal Society of Canada, 2nd, series VI, section LV, pp. 125-173.
- ANON (1923) Modern engineering to save mediaeval tower. Engineering News-Record, New York, 91, pp. 505.
- ANON (1972) The preparation os maps and plans in terms if Eng. Geology. Q. J. L. Eng. Geol., v. , pp. 293-381, London.
- ANTOINE, P. (1975) Carte Zermos. B.R.G.M., S.G.N.. Géologie de l'aménagement du territoire, França.
- ANTOINE, P. (1975) Notice explicative de la carte des zones exposées a des risques liés aux mouvements du sol a 1:20.000. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, M.I.R., pp. 13, Paris.
- ANTONIE, P. (1977) Réflexions sur la cartographie Zermos et Bilan des expériences en cours. Bulletin du B.R.G.M. (2^a série), section III, n° 1/2, pp. 9-20, França.

ANTOINE, P.; CAMPOROTA, P.; GIRAUD, A.; ROCHET, L. (1987). The threat of rock falls at the ruins de Sechilienne (Isère). Bull. Liaison Labo. P. et Ch., n° 150-151, pp. 55-64, Paris.

A.R.D.A. (1965) The Canada Land Inventory - Objectives, Scope and Organization. Department of Forestry Publication n° 1088, Canada.

ARNOULD, M.; DEVEUGHÈLE, M.; GIGAN, J.P (1971) Relations entre composition, texture et certains propriétés géotechniques des "Marnes et Caillasses" du Lutétien supérieur du plateau de la Défense. C.R. Acad. Sci., 273, pp. 2195-2198.

ARNOULD, M. & VANTROYS, M. (1970) Essai de cartographie géotechnique automatique sur la nouvelle d'Evry (région parisienne) 1^{er} Congrès Intern. A.I.G.I., Paris, pp. 1069-1080.

AUGUSTO FILHO, O. et alii (1990) Riscos geológicos: aspectos conceituais. In: Simpósio Latinoamericano sobre Risco Geológico Urbano, 1, 1990, São Paulo. Anais, São Paulo: ABGE, pp. 334-341.

AVILLA, I.G. et alii (1987) Carta geotécnica do município de São Paulo. In: C.B.G.E., 5, São Paulo. Anais, ABGE, São Paulo, v. 2, pp. 389-400.

AVILLA, I.G. et alii (1987) Carta geotécnica do município de Itapevi. In: C.B.G.E., 5, São Paulo. Anais, ABGE, São Paulo, v.

2, pp. 401-412.

BACHMANN G. & MARQUART, K. (1962) Special Engineering Geology Map for Berlin Rostock Highway 1:25.000, Berlin (in German).

BAND, E.W.; BURNETT, A.D.; STYLES, K.A (1982) Geotechnical land use maps for planning in Hong Kong. Proceeding IV Congress International Association of Engineering Geology, v. 1, New Delhi, pp. I-145 - 153.

BARROSO, J.A. & CABRAL, S. (1984) Materiais naturais de construção nas folhas Petrópolis e Itaipava (IBGE 1:50.000), RJ. 4^a Congr. Bras. de Geol. de Engenharia, vol. 2, pp. 147-162, Belo Horizonte.

BARROSO, J.A. et alii (1986) Geological - Geotechnical mapping of Rio de Janeiro Metropolitan region. 5th Int. I.A.E.G. Congress, vol. 6, pp. 1715-1724, B. Aires.

BATES, R.L. & JACKSON, J.A., eds, (1980) Glossary of Geology. Falls Church, Virginia: American Geological Institute, pp. 749.

BAZLEY, R.A.B. (1971) A map of Belfast for the engineering geologist. Quart. Journal Engineering Geology, v. 4.

BECKETT, P.H.T. & WEBSTER, R. (1962) The storage and collection of information on terrain - an interim report. Military Engng Exp. Establ., Christchurch, England.

BECKETT, P.H.T. & WEBSTER, R. (1965) A classification system for terrain. Military Eng. Exp. Est., Christchurch, England, Rep., 872, pp. 82.

BELCHER, D.J. (1942) The use of soil maps in highway engineering. Proc. 28th Am. Road School, Engineering Bulletin 26, pp. 64. Engineering Extension Department, Purdue University.

BELCHER, D.J. (1942) Use of aerial photographs in war time engineering. Rds Str. 85, n° 7, pp. 35.

BELCHER, D.J. et alii (1943) The formation distribution and engineering characteristics of soils. Highw. Res. Bull. 10, Res. Serv. 87, Joint Highw.

BELCHER, D. (1946) Engineering application of aerial reconnaissance. Geol. Soc. America Bull. 57, pp. 727-734.

BELL, F.G.; CRIPPS, J.C.; CULSHAW, M.G.; O'HARA, M. (1987) Aspects of Geology in planning. Planning and Engineering Geology, Geological Society Engineering Geology Special Publication, n° 4,

pp. 1-38.

BERKEY, C.P. (1929) Responsibilities of the geologies in engineering projects. Tech. Publs. Am. Inst. Min. Metall. Engrs., n° 215, 4-9.

BIKERLAND, P.W. (1984) Soil and geomorphology. Oxford University Press, New York.

BITAR, O.Y.; CERRO, L.E.S.; NAKAZAWA, V.A. (1992) Carta de risco geológico e carta geotécnica. Uma diferenciação a partir de casos em áreas urbanas no Brasil. 2º Simpósio Latino Americano sobre Risco Geológico Urbano, Pereira, v. 1, pp. 35-41.

BONGIOVANNI, S. (1990) Uma abordagem da Geologia de Engenharia ao cenozóico da Região de Paraguaçu Paulista (SP), Rio Claro. (Mestrado IGCE/UNESP).

BOOKER TROPICAL SOIL MANUAL (LANDON, I.R., ed.) A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. Booker Agriculture International Limited.

BOTTINO, G. & CIVITA, M. (1982) Study of physiography in the territory of "Hill COMMUNITY of Friou" methods techniques and results. 4º Congress of I.A.E.G., vol. II, theme I, pp. 339 - II

-413, New Delhi.

BOTTINO, G. & CIVITA, M. (1986) Eng. geological features and mapping of subsurface in metropolitan area of Turin, North Italy. 5th Int. I.A.E.G. Congress, v. 6, pp. 1741-1751, Buenos Aires.

BRGM (1979) Carte Zermos à 1:25.000. Zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol. Région Les Orres (H. Alpes). B.R.M.G., Paris.

BRINK, A.B.A. & WILLIAMS, A.A.B. (1964) Soil eng. mapping for roads in South Africa. Nat. Inst. Road. Res., Bull. 6-CSIR, Pretória.

BRINK, A.B.A. et alii (1965) Report of the Working Group on Land Classification and Data Storage. Report 940 MEXE, Oxford.

BRINK, A.B.A.; MABBUTT, J.A.; WEBSTER, R.; BECKETT, P.H.T. (1966) Report of the Working Group on Land Classification and Data Storage. Mil. Eng. Exp. Establ., Christchurch, England, Rep., 940, pp. 97.

BRINK, A.B.A. & PARTRIDGE, T.C. (1967) Kyalami Land System: an example of physiographic classification and data storage. Proceedings 4th Reg. Conf. for Africa on Soil Mech. and Found. Eng., v. 1, pp. 9-14, Cape Town.

BRINK, A.B.A et alii (1968) Land classification and data storage for the engineering usage of natural materials. Proc. 4th Conference of the Australian Road Research Board, v. 4, part. 2, pp. 1624-1647, Australia.

BRINK, A.B.A.; PARTRIDGE, T.C.; WILLIAMS, A.A.B. (1982). Soil survey for engineering. Oxford, USA, pp. 378.

BRINK, A.B.A. et alii (1982) Soil survey for engineering. Monographs on soil survey. Oxford Science Publications, London.

BRITISH GEOLOGICAL SOCIETY - Engineering Group Working Party (1972) The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. Quart. Journal Engineering Geology, v. 5.

BROEK, R.H.V. (1980) Engineering geology of the proposed Darwin East urban development area, Northern Territory. B.M.R.G.G. - Australian Government Publishing Service, Canberra, Bulletin 203, pp. 33.

BROLLO, M.J. (1991) Mapeamento geotécnico da quadrícula de Araras (SP), escala 1:50.000. São Carlos, 2 v (Mestrado EESC/USP).

BROOK, D. & MARKER, B.R. (1987). Thematic geological mapping as an essential tool in land use planning. Planning and Engineering

Geology, Geol. Soc. Eng. Geol. Special Publication nº 4, pp. 211-214, London.

BRUNSDEN, D. et alii (1975) Large scale geomorphological mapping and highway engineering design. Q. J. Eng. Geol., v. 8, pp. 227-253, Grã-Bretain.

BURNETT, A.D. & STYLES, K.A. (1982) An approach to urban engineering geological mapping as used in Hong Kong. Proc. IV Congress International Association of Engineering Geology, v. 1, New Delhi, pp. I-167 - 176.

BUS, J. & COLAS, M. (1968) Cartes Géotechniques. Aptitudes de sols aux constructions. Proceedings Laboratoire Régional Equipement, Marseille.

CABRAL, S. (1979) Mapeamento geológico-geotécnico da baixada de Jacarépaguá e encostas adjacentes Instituto de Geociências, UFRJ. (Dissertação de Mestrado).

CANTER, L.W. (1977) Environmental impact assessment. Oklahoma, McGraw Hill, New York, pp. 321.

CARDONA, O.D. (1990) El manejo de riesgos y los preparativos para desastres compromiso institucional para mejorar la calidade de

vida, inédito para OFDA/AID, Curso para Administración para Desastres I.

CARVALHO, E.T. (1979) Carta Geotécnica de Ouro Preto (Dissertação de Mestrado), UFMG.

CASTELO BRANCO FILHO, H. Geociências e o uso racional do meio físico na Bacia do Alto do Paraguai. 1ª Cong. Bras. de Geol. de Eng., v. 3, pp. 383-388, Rio de Janeiro.

CENDRERO, A. (1975) Environmental Geology of the Santander bay area, Northern Spain. Environmental Geology, nº 1, pp. 97-114, USA.

CENDRERO, A. et alii (1987) Detailed geological hazards mapping for urban and rural planning in Vizcaya, Northern Spain, In: F. Ch. Wolff, Ed., Geological for Environmental Planning. Sp. Publ. 2, Geol. Survey of Norway, Trondheim, pp. 25-41.

CENDRERO, A. & DIAZ DE TERÁN, J.R. (1987) The environmental map system of the University of Cantabria, Spain, In: P. Arndt & G. Lüttig, eds. Mineral Resource Extraction. Environmental Protection and Land-use Planning in the Industrial and Developing Countries. E. Schweizerbart Verlag, Stuttgart, pp. 149-181.

CESP (1982) Métodos de ensaio em agregados, v. 2., Publ. laboratórios Central, São Paulo.

CHAMPETIER DE RIBES, G. (1979) Données Géologiques et géotechniques et plans d'occupation des sols. Bulletin Mason Laboratoires des Ponts et Chaussee, pp. 99.

CHAMPETIER DE RIBES, G. & HUMBERT, M. (1974) Travaux preliminaire à a mise en place d'un plan d'étude et de cartographie des risques liés aux. mouvements de terrains. In: International Congress of the IAEG, 2, São Paulo, 1974. Proceedings, São Paulo, ABGE, v. 1, Theme 3, pp. 15.1 - 15.9.

CHAMPETIER DE RIBES, G. (1987) La cartographie de mouvements de terrain. Des Zermos aux Per. Bull. le Liaison des Laboratoires les P et Chaussées, n° 150-151, pp. 9-19.

CHAZAN, M. (1974) Le Plan ZERMOS - Annales Mines.

CHRISTIAN, C.S. & STEWART, G.A. (1953) General report on survey of Katherine-Darwin Region, 1946. CSIRO Australian Land Resources Series, 1, pp. 156.

CHRISTIAN, C.S. (1957) The concept of land units and land systems. Proceedings 9th Pacific Science Congress.

CHRISTIAN, C.S. & STEWART, G.A. (1968). Methodology of integrated surveys. In: Aerial Surveys and Integrated Studies - Proc. UNESCO Conference on Aerial Surveys and Integrated Studies, UNESCO, Paris, pp. 233-280.

CHURINOV, M.V.; TSYPINA, I.M.; LAZAREVA, V.P. (1970) The principles of compiling the engineering geological map of the USSR territory on the scale of 1:2.500.000. Proceedings of the first Congress of International Association of Engineering Geology. Paris, pp. 851-860.

CLARE, K.E. (1960) Roadmaking gravels and soils in Central Africa. Overseas Bull., 12 - Road Res. Lab., D.S.I.R., Harmondsworth, pp. 44.

CLARE, K.E. & BEAVAN, P.J. (1962) Roadmaking materials in British Borneo; I. Geology roadstone and soil classification. Lab. Note, LN/86. II. Properties of soils. Lab. Note, LN/87. III. Soil location and stabilization, general conclusions. Lab. Note, LN/88 -Road Res. Lab., D.S.I.R., Harmondsworth.

COATES, D.R. (1971) Geomorphology and engineering. George Allen and

Unwin Ltd..

COATES, D.R. (1976) Urban Geomorphology. The Geological Society of America, Special Paper 174, Boulder, USA.

COATES, D.R. (1985) Geology and Society. Environmental Resource Management Seno chapman and Hall, New York.

COELHO, A.M.L.G. (1980) A cartografia geotécnica no planeamento regional e urbano, experiência de aplicação na região de Setubal. Tese apresentada ao concurso de especialista - LNEC. Lisboa, pp. 157.

COMECON (1966) Instructions for preparing unified engineering geologie maps. COMECON, Moscow.

CONSTANZO JR., J. et alii (1978) Contribuição a cartografia geotécnica da região de Santa Maria (RS). 2º Cong. Bras. de Geol. de Engenharia, v. 1, pp. 267-280, São Paulo.

COOKE, R.V. & DOORNKAMP, J.C. (1974). Geomorphology in environmental management. Claredon Press, Oxford.

COOKE, R.V. (1984) Geomorphological hazards in Los Angeles. The London Research series in Geography. 7. George Allen and Unwin.

COTTAS, L.R. (1984) Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento Urbano de Rio Claro - SP. Inst. Geociências - USP, v. 1 e 2. (Tese de Doutorado).

COULON, F.K. (1974) Mapa geotécnico das folhas de Morretes e Monte Negro (RS). Instituto de Geociência da UFRS, Porto Alegre. (Dissertação de Mestrado).

CRATCHLEY, C.R. & DENNES, B. (1972) Engineering Geology in Urban Planning with an example of the New City of Milton Keynes. Proceedings 24th Int. Geol. Congr., Montreal.

CULSHAW, M.G.; FORSTER, A.; CRIPPS, J.C.; BELL, F.G. (1990) Applied geology maps for land-use planning in Great Britain. 6th International Congress International Association of Eng. Geology, pp. 85-84, Amsterdam.

CULSHAW, M.G.; FORSTER, A.; CRIPPS, J.C.; BELL, F.G. (1990) Applied geology maps for land-use planning in Great Britain. Proceeding of the 6th I.A.E.G. Congress, Amsterdam, Netherlands, v. 1, pp. 85-93.

DALRYMPLE, J.B.; BLONG, R.J.; CONACHER, A.J. (1968) A hypothetical nine unit land surface model. Zeitschrift für Geomorphologie, v.

12, pp. 60-76.

DAVIDSON, D.A.E. (ed.) Land evaluation. Van Nostrand Reinhold Company.

DEARMAN, W.R. (1972) Present state of eng. geological mapping in the United Kingdom, BIAEG, n° 4, pp. 15-20, Germany.

DEARMAN, W.R. & FOOKES, P.G. (1974) Engineering Geological mapping for civil engineering practice in the U.K.. Quart. Journal Eng. Geol., v. 7, London.

DEARMAN, W.R. (1974) Weathering classification in the characterization of rock for engineering purposes in British Practice. Bulletin Int. Ass. Eng. Geol., n° 9.

DEARMAN, W.R. & MATULA, M. (1976) Environmental aspects of engineering geological mapping. Bulletin Int. Ass. Eng. Geology, n° 14, Krefeld.

DEARMAN, W.R. et alii (1977) Engineering Geological mapping of the Tyn and Wear conurbation, north-east England. J. Eng. Geol., v. 10, pp. 145-168, Grã-Bretanha.

DEARMAN, W.R.; MONEY, M.S.; STRACHAN, A.D.; COFFEY, J.R.; MARDSEN, A. (1979) A regional engineering geological maps of the Tyne and

Wear Country, N.E. England. Bull. of the International Association of Engineering Geology. Krefeld, 19, pp. 5-17.

DEARMAN, W.R. (1987) Land evaluation and site assessment: mapping for planning purposes. Planning and Engineering Geology, Geol. Soc. Eng. Geol. Special Publication n° 4, pp. 195-201, London.

DEARMAN, W.R. & EYLES, N. (1982) An engineering geological map of the soils rocks of the United Kingdom. Bull. of the International Association of Engineering Geology. Paris, 25, pp. 3-18.

DEE, N.; BAKER, J.K.; DROBNY, N.L.; DUKE, K.M.; FAHRINGER, D.C. (1971) An environmental evaluation system for water resource planning. Battell-Columbus Laboratories, Columbus, Ohio.

DEE, N. et alii (1973) An environmental evaluation system for water resource planning. Water Resource Research, v. 9, n° 3, june.

DEMEK, J. (ed.) (1972). Manual of detailed geomorphological mapping. Academia, Prague.

DIAS MOREIRA, I.V. (1992) Origem e síntese dos principais métodos de avaliação de impactos ambientais. In: Manual de Avaliação de Impactos ambientais (SUREHMA). Secretaria Especial do Meio Ambiente, Paraná.

DOWLING, J.W.F. (1963) The use of aerial photography in evaluating engineering soil conditions in a selected area of northern Nigeria. Lab. Note, LN/379 - Road Res. Lab., D.S.I.R., Harmondsworth.

DOWLING, J.W.F. (1964) The use of aerial photographs and land form analysis in the location of laterites. Lab. Note, LN/523 - Road Res. Lab., D.S.I.R., Harmondsworth.

DUARTE, U. (1980) Geologia Ambiental: vetor água subterrânea. Instituto de Geociências - USP. (Tese de Doutorado)

ECHEVERRIA CABALLERO, M.R. & PEÑA PINTO, J.L. (1978) La cartografía geotécnica en España. *Teniterra*, v. 25, pp. 19-27.

ECKEL, E.B. (1951) Interpreting geologic maps for engineers. Symposium on surface reconnaissance, ASTM, fifty-fourth Annual Meeting, 1951.

ENGINEERING SOIL SURVEY OF NEW JERSEY (1953) Practical application for engineering soil maps. Report n° 22, Rutgers Univ. Press, New Jersey.

ERSHOVA, S.B. & SERGEEV, E.M. (1979) Principles of the typological engineering geological zoning of the Earth. Bull. of the International Association of Engineering Geology. Krefeld, 19,

pp. 87-92.

FAO (1976) A framework for land evaluation. Publication number 22. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, Netherlands.

FARIAS, I.C.; ALONSO, M.A.; MAQUA, M.P.A.; CANALS, E.A.; ANDRAY, A.B.; PRIETO-LAVIN, T.C.; GONZÁLEZ-FIERRO, M.A.C.; VEGA, P.C.; BOMBÍN, R.E.; ARRIOLA, E.F.; CALCERÁN, G.C.; ALONSO, S.G.; MENDIZ, E.L.; RODRIGUEZ, C.M.; HERNÁNDEZ-ACERO, C.O.; PASTOR, I.O. FERNÁNDEZ, A.R.; OMEÑACA, M.G.S. (1984) Guia para la elaboracion de estudios del medio fisico; contenido y metodologia. Centro de Estudios de Ordenacion del Territorio y Medio Ambiente. Espanha, pp 572.

FENNEMAN, N.M. (1908) Some features of erosion by unconcentrated wash. *Journal of Geology*, v. 16, pp. 746-754.

FERNANDES, A. et alii (1987) Carta geotécnica da região metropolitana de São Paulo. In: C.B.G.E., 5, São Paulo, Anais, ABGE, São Paulo, v. 2, pp. 257-266.

FERNANDEZ, J.A. et alii (1982) Geoscientific map of the natural environmental of the province of Almeira. *Proc. 4º Congresso Internacional da I.A.E.G.*, v. 1, pp. I-47 - I-57, Nova Dely.

FINLAYSON, A.A. & GRANT, K. (1978) Terrain analysis of the Sydney area and an assessment of land for planning and civil engineering purposes. In: 6th Australian Conference on Urban and Regional Planning Information Systems - URPIS SIX, Sydney, pp. 18.

FINLAYSON, A. (1984) Land surface evaluation for engineering practice: applications of the Australian PUCE system for terrain analysis. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, v. 17, pp. 149-158, London.

FISHER, W.L. et alii (1973) *Environmental Geologic Atlas of the Texas Coastal Zone. Beaumont-Port Arthur Area* - Univ. Texas, Austin Bur. Econ. Geology.

FLAWN, P.T. (1970) *Environmental geology. Conservation. Land-use Planning and Resource Management*. Harper & Row, New York.

FOOKES, P.G. & VAUGHAN, P.R. (1986) *A handbook of engineering geomorphology*. Survey University Press, New York.

FOOKES, P.G. (1987) Land evaluation and site assessment (hazard and risk). *Planning and Engineering Geology*, Geol. Soc. Eng. Geol. Special Publication n° 4, pp. 273-282, London.

FOURNIER D'ALBE, E.M. (1976) Natural Disasters. In: 25th International Geological Congress, Australia. *Bulletin of*

International Association of Engineering Geology. IAEG/AIGI, n° 14, pp. 187.

FOURNIER D' ALBE, E.M. (1985) The quantification of seismic hazard for the purpose of risk assessment, International Conference on Reconstruction, Restauration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas, Skopje.

FROELICH, A.J.; GARNAAS, A.D.; VAN DRIEL, J.N. (1978) Franconia Area, Fairfax county, Virginia. Planning a new community in an urban setting: Lehigh. In: Robinson, G.D. & Spieker, A.M. (eds). Nature to be commanded must be obeyed. United States Geological Survey, Washington D.C., Professional Paper 950.

GANDOLFI et alii (1980) Ensaio de laboratório em geologia. Departamento de Geotécnia. EESC - UPS, São Carlos.

GARDNER, M.E. & Johnson, C.G. (1969) Engineering geologic maps for regional planning and geology. U.S. Department of the Interior, pp. 154-169.

GARRY, G. & DECAILLOT, P.H. (1987) La représentation cartographique des risque. Bull. le Liaison des Laboratoires des P. et Chaussées, n° 1590-151, pp. 20-28.

GEOLOGICAL SOCIETY (1990) Tropical residual soil. Quartely Journal

of Engineering, v. 23 n° 1, England.

GEOLOGICAL BRITISH SOCIETY ENGINEERING GROUP (1972) The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. Quart. Journal Eng. Geol., v. 5, n° 4, London.

GEOLOGICAL SURVEY OF CANADÁ (1967) A national system for storage and retrieval of geological data in Canadá.

GHISTE, M.S. (1970) La carte d'interprétation géotechnique de la région de Mons. 1st Int. Cong. Eng. Geology, Paris.

GHISTE, S. (1969) Carte geotechnique de la region de Mons. Lab. Méc. des Sols. Institut Reine Astrid., 44 p. + 4c (IRAM).

GHISTE, S. (1970) La cartre d'interprétation géotechnique de la région de Mons (Belgique). Problemes et solutions. 1^{er} Congrès Intern. A.I.G.I., Paris, pp. 901-915.

GIGAN, J.P. (1973) Essai de cartographie géotechnique région de la défense et bouche de Gennebillien. Bull. B.R.G.M. (2), III, 3, pp. 147-177, France.

GOLODKOVSKAYA, G.A. et alii (1968) Engineering geological mapping

in the U.S.S.R.. Proceedings 23rd Int. Geol. Congr., Prague.

GOLODKOVSKAYA, G.A. et alii (1978) Problems of a rational utilisation and protection of the geological environment typical of grand cities. In: International Congress of the IAEG, 3, Madrid, 1978. Proceedings. Madrid, IAEG/AEGAI, v. 1, section 1, pp. 70.

GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. (1977) Engineering geology for urban planning and development with an example from Tenerife (Canary Islands), BIAEG, n° 15, pp. 37-44, Germany.

GRANT, K. (1965) Terrain feature of the Mt Isa-Dajarra region and assessment of their significance in relation to potential engineering land use, C.S.I.R.O. Aust., Soil Mech. Sect., Tech. Paper, 1, pp. 110.

GRANT, K. & LODWICK, G.D. (1968) Storage and retrieval of information in a terrain classification system. Proceedings 4th Conf. Ass. Roads Railways Builders.

GRANT, K. (1970) Terrain Evaluation. A logical extension of engineering geology. Proceedings of the 1st I.A.E.G. Congress. Paris, 2, pp. 971-980.

GRANT, K. (1974) The PUCE Programme for Terrain Calculation for

Engineering Purpose - Part 2 for Terrain Classification - Tech.
Paper n° 19, CSIRO Div. App. Geomechanics.

GRANT, K. (1974) A systematic approach to mapping engineering geology. Proceedings of the 1st I.A.E.G. Congress. Paris, 2, pp. III P.C. - 2-11.

GRANT, K. & FINLAYSON, A.A. (1978) The application of terrain analysis to urban and regional planning. 3^a Congresso Internacional da I.A.E.G., pp 79-91, Madrid.

GRANT, K. & FINLAYSON, A.A. (1978) The assessment and evaluation of geotechnical resources in urban or regional environments. In: Engineering Geology. Amsterdam, n° 12, pp. 219-293.

GRAUPNER, A. & DAHL, A. (1971) The present state of Engineering Geology Mapping the Federal Republic of Germany. Bull. A.I.G.I., n° 3.

GREHS, S.A. (1970) O uso de mapas geológicos, mapas de vegetação e mapas de drenagem na seleção de alternativas para o projeto de barragens de irrigação, Projeto Sudoeste, 2^a Semana Paulista de Geologia Aplicada.

- GRUBER, G.A.G. (1993) Mapeamento geotécnico da folha de Cosmópolis (SP). São Carlos/SP, 2V, pp. 167. (Mestrado - EESC/USP).
- HABERLEHNER, H. (1966) Princípios de mapeamento geotécnico. 20^a Congr. Bras. de Geol., pp. 37-39.
- HACKET, J.E. (1967) Geology and physical planning. In: Water. Geology and the future. Indiana University, Water Resources Center, pp. 83-89.
- HACKET, J.E. & Mc COMAS, M.R. (1969) Geology for planning in Mc Henry Country, Illinois - Illinois State Geol. Survey, Circ. 438.
- HANSAN, S. & WEST, T. (1982) Development of an environmental geology data base for land use planning. Bulletin of the association of engineering geologists, v. XIX, n^o 2, pp. 117-132, USA.
- HANSEN, A. (1984) Landslide hazard analysis. In: Brunsden, D. & Prior, D.B. (eds) Slope Instability, John Wiley & Sons Ltd., London, pp. 523-602.
- HANSEN, W.R. (1976) Geomorphic constraints on land development in the Front Range Corridor, Colorado. In: Urban Geomorphology, USA,

The Geological Society of America, pp. 85-110.

HEARN, G.J. & FULTON, A. (1987) Landslide hazard assessment techniques for planning purposes: a review. Planning and Engineering Geology, Geol. Soc. Eng. Geol. Special Publication n° 4, pp. 303-310, London.

HEINE, V.H. (1966) Levantamento geotécnico do Estado de Guanabara. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 20, Rio de Janeiro. Resumos. Rio de Janeiro, SBG, pp. 44, publicação 1.

HENKEL, D.J. (1982) Geology, geomorphology and geotechnics. Geotechnique 32, n° 3, 175-194.

HERMELIN, M. (1991) Geologia prevención de desastres y planeación física. AGID Report n° 16, pp. 21-34. Environmental Geology and Applied Geomorphology in Colombia.

HERMELIN, M. (1991) Introducion a la Geologia Ambiental y Geomorfologia Aplicada en Colombia, pp. 3-20.

HERMELIN, M. (1991) Reflexions on the present concept of environmental impact in Colombia. Publicacion AGID, Report n° 16. Geologia Ambiental y Geomofologia Aplicada en Colombia, pp. 35-47.

HILL, W.W. (1973) A review of selected materials relevant to environmental impact assessment. Analyzing the Environmental Impacts of Water Projects. L. Ortolano, ed., Department of Civil Engineering, Stanford University, Palo Alto, California.

HILL, M.A. (1973) Planning for multiple objectives: an approach to the evaluation of transportation plans. Monograph n° 5, University of Pennsylvania Regional Science Research Institute, Philadelphia, Pa.

HILL, M.A. A goals-achievement matrix for evaluating alternative plans. Journal of the American Institute of Planners, v. 34, 1968, pp. 19-28.

HILL, M.A. & ALTERMAN, R. (1974) Power plant site evaluation: the case of the Sharon plant in Israel. Journal of environmental Management, v. 2, pp. 179-196.

HOLLING, L.D. (1977) Methods for generating land suitability maps: a comparative evaluation, Occasional Paper, Journal of the American Institute of Planners, v. 43, pp. 368-400.

HUMBERT, M. (1969) Éléments nécessaires à l'élaboration des cartes d'aménagement du territoire. B.R.G.M. - Chronique du Dépt. Géotechnique, n° 4, oct. 1969.

HUMBERT, M. (1970) Aptitude des terrains au développement urbain et industriel. Proceeding 1st Int. Cong. Eng. Geology, Paris.

HUMBERT, M. (1972) Carte géotechnique de Clermont-Ferrand 1:50.000
Bureau Recherches Géol. Minières, Orléans.

HUMBERT, M. (1973) La carte géotechnique à 1:50.000 de Clermont-Ferrand (France) et la planification urbaine. Bull. B.R.G.M., n° 2, III, 3. pp. 179-190.

HUMBERT, M. & PACHOUD, A. (1970) Carte prévisiounelle de estabilité des terrains au val Thorens 1:20.000, essai methodologique.
Bureau Recherches Géologiques Minières, Orléans.

HUMBERT, M. (1972) Notice explicative de la carte de Clermont-Ferrand a 1:50.000 et son application a l'aménagement et a l'urbanisation de la région elermontoise. B.R.G.M. - Direction de l'aménagement foncier et de l'urbanisme, França.

HUMBERT, M. (1977) La cartographie en France des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol. Carte Zermos. Bull. of the Int. Ass. of Eng. Geology. Krefeld, 16, pp. 80-82.

IAEG-UNESCO (1976) Guide pour la préparation des cartes géotechniques Les Presses de l'Unesco. Paris, pp. 79.

IAEG (1981) Rock and soil description and classification for engineering geological mapping. Bull. I.A.E.G., v. 24, pp. 235-274.

INFANTI JR., N. (1976) Geologia de planejamento: escopo e metodologia. 1º Congresso Bras. de Geologia de Eng., v. 3, pp. 373-382.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT.
Divisão de Minas e Geologia Aplicada (1978) Levamento dos condicionantes do meio físico e estabelecimento de critérios normativos para a ocupação urbana dos Morros de Santos e São Vicente (Carta Geotécnica). São Paulo, 1978 (Relatório Técnico 11.599).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT
(1984) Levantamentos geológico-geotécnicos das áreas de encostas do município de Cubatão - SP (Carta Geotécnica) - Diretrizes de obras para Consolidação dos assentamentos habitacionais. São Paulo, IPT. Relatório, 20, pp. 481.

IPT (1984) Carta Geotécnica da Grande São Paulo. Relatório Interno.

JANJIC, M. (1962) Enginerring Geological Maps - Bulletin Series B n° 2. Inst. Geophys. Res., Beograd (in serbocroatian).

JANJIC, M. (1971) Engineering Geological map of Yugoslavia and Bulgaria, BIAEG, n° 3, p. 23-27, Germany.

JANJIC, M. & STEPANOVIC, B. (1974) Suitability of karst and marshland for urban development from the point of view of. Eng. Geology. 2° I CIAEG, v. 2, pp. III-Pc-4 - III-Pc-11, São Paulo.

JOHNSON, K.S. & LUZA, K.V. (1981) Preparation of regional map showing natural and man made geologic Hazards. BIAEG, n° 23, pp. 15-20, Germany.

KANE, J.; VERTINSKY, I.; THOMPSON, W. (1976) KSIM: a methodology for interaction resource simulation. Water Resources Research, v. 9, pp. 65-80.

KANHEY, B.A. & MOUNTAIN, M.J. (1968) Terrain evaluation for civil engineering projects for civil engineering projects in South Africa. Proc. Fourth Conference Australian Road Research Board, v. 41 (Part 2), pp. 1613-1624.

KANSAS GEOLOGICAL SURVEY (1968) A pilot study of land use planning and environmental geology. Kansas Univ., Kansas Geol. Survey Comm. Econ. Devel. Plan. Program, 701 Project, Kansas P-43, rept 15 D.

KANTEY, B.A. & MERWE, W.I. (1981) Geotechnical mapping, aid to

environmental Control. ICSMF, pp. 329-334, Stockolm.

KANTEY, B.A. & WILLIAMS, A.A.B. (1962) The use of soil engineering map for road projects - The Civil Engineer in South Africa, v. 4, n° 8.

KARACSONYI, S. & REMMENYI, P. (1970) The significance of the explorations connected with the town development in the engineering geological mapping. Proc. 1st Cong. da I.A.E.G., pp. 861-870, Paris.

KARACSONYI, S. & FALU, J. (1974) Methods and Experience of building on Industrial Cadaster of Limestone. Proceedings 2nd Int. Cong. Eng. Geol., São Paulo.

KARACSONYI, S. & BERNATH, Z. (1979) Guiding principles for the preparation of hydrological maps for building. BIAEG, n° 19, pp. 237-241, Germany.

KEENY, R.C. & RAIFFA, H. Decision analysis with multiple conflicting objectives: preferences and value trade-offs. John Wiley and Sons, New York, N.Y.

KELLER, E.A. (1981) Environmental geology. Charles E. Merrill Publishing Company.

KIEFER, R.W. (1967) Terrain analysis for metropolitan fringe area planning. Journal of Urban Planning and Development Division, ASCE paper 5649, pp. 119-138.

KING, L. (1975) Geomorphology. A basic study for civil engineers. 6th Regional Conf. for Africa on Soil Mech. and Found. Eng., Durban, 2, pp. 259-263.

KING, M.J. (1978) Engineering resource unit approach to engineering land use planning. Bull. of the Assoc. of Eng. Geologists, v. XV, n° 3, pp. 253-267, USA.

KINA, R.B. (1986) Review of geomorphic description and classification in land resources surveys. International Geomorphology, part 2, pp. 383-403.

KINGSLEY, C. (1887) Town Geology. Dalby. Isbister & Co., London.

KLEB, B. (1979) Engineering geological mapping of a city undercut by cellar networks. BIAEG, n° 19, pp. 128-133, Germany.

KOTLOV, F.V. (1974) Modern problems of engineering geology in connection with the construction and reconstruction of cities. Proceedings 2nd Int. Cong. Eng. Geology, São Paulo.

KREIG & REER (1980). Pre-construction terrain evaluation for the

- Trans-Alaska Pipeline Project. In: Geomorphology and Engineering.
- LAND SURFACE EVALUATION FOR ENGINEERING PRACTICE (1982). Q.J. Eng. Geol. London, v. 15, n° 4, pp. 265-316, London.
- LEGGET, R.F. (1973) Cities and Geology, MacGraw Hill, New York.
- LEGGET, R.F. (1974) Engineering geological maps for urban development, in the Geological Soc. of America. Eng. Geology Histories, Boulder, CO, pp 19-21, USA.
- LEGGET, R.F. (1976) The role of geomorphology in planning. In: 7th Geomorphology Symposium, New York, pp. 315-328.
- LEGGET, R.F. (1987) The value of Geology in planning. Planning and Engineering Geology, Geological Society Engineering Geology Special Publication, n° 3, pp. 53-58.
- LEOPOLD, M.; CLARKE, F.E.; HORNSHAW, B.R.; BALSLEY, J.R. (1971) A procedure for evaluating environmental impact. Circular n° 645, U.S. Geological Survey, Washington, D.C.
- LIMA, D. & ROSA, F.S. Mapeamentos temáticos da região Metropolitana da Grande São Paulo como subsídios ao Planejamento. In: Revista

Bras. de Cartografia nº 27, São Paulo.

LINSTONE, H.A. & TUROFF, M. (1975) The Delphi Method: techniques and application. Massachusetts: Adison Wesley.

LOLLO, J.A. (1991) Mapeamento geotécnico da Folha de Leme (SP). Utilização da geomorfologia para caracterização preliminar das unidades geotécnicas. São Carlos/SP., pp. 87. (Mestrado - EESC/USP).

LOZINSKA-STEPIAN, H. & STOCHLAK, J. (1975) Principles of production of engineering Geological maps for urban agglomerations. Int. Ass. Eng. Geol. Bulletin nº 12.

LOZINSKA-STEPIÉN, H. (1979) Eng. Geological at a scale 1:25.000 for regional planning purposes. BIAEG, nº 19, pp. 69-71, Germany.

LUNDGREW, L. (1986) Environmental Geology. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

LÜTTIG, G. (1971) Die bedeutung der bodenschütze nidertsachsens für die Wirtschaftsentwicklung des landes. Geol. Jb., v. 89, pp. 583-600.

LÜTTIG, G. (1978) Geoscientific maps of the environment as an essential tool in planning. *Geologic en mijnbouw* 57(4), p. 527-532, Amsterdam.

MACIEL FILHO, C.L. (1977) Caracterização geoténica das formações sedimentares de Santa Maria, RS. UFRJ. Instituto de Geociências. Rio de Janeiro, pp. 123. (Dissertação de Mestrado)

MAHR, T. & MALGOT, J. (1978) Zoning maps for regional and urban development based on slope stability. *Proceedings of the 3rd International Conference of the International Association of Engineering Geology*, Madrid, Section 1, pp. 124-137.

MALINOWSKI, J. (1961) Carte geotechnique de Pologne pour la construction (en Allemand). *Zeitsch für angewandte Geologie*, v. 7, n° 3.

MALINOWSKI, J. (1970) Engineering geological cartography in Poland. *Ist Congress Intern. A.I.G.I., Paris* pp. 1018-1038, U.S.S.R..

MARSEILLE, L.R.P.C. Aire métropolitaine. Inventaire des ressources en matériaux de viabilite et de construction. *Cartes d'aptitude des sols aux fondations. Rapport inédit* (1968).

- MASSON, M. (1972) Utilisation de la géomorphologie dans les études géotechniques de sites à urbaniser. Bull. Liaison Lab. P. et C., n° 62, p. 59-68, France.
- MATHEWSON, C. & FONT, R.G. (1974) Geologic environment: forgotten aspect in the land use planning process, in the geological society of America Eng. Geology. Case histories, Boulder (10), pp. 23-28, USA.
- MATULA, M. (1968) Fundamental problems of regional engineering geology in the Czechoslovak Carpathians. XXIII International Geological Congress, v. 12, pp. 89-103.
- MATULA, M. & PASEK, J. (1966) Principles of mapping in engineering geology. Sbornik Geol. Ved., rada HIG Praha 1966, n° 5, pp. 161-174. 1 tab 2 colour maps.
- MATULA, M. (1969) Engineering geologic mapping and evaluation in urban planning. Environmental Planning and Geology. U.S. Department of the Interior, pp. 144-153.
- MATULA, M.; RADBRUCH, D.; DEARMAN, W. (1971) Report of the 1st Meeting of the I.A.E.G. working group on Eng. Geological mapping, Sept 10 and 11, 1970, BIAEG, n° 3, pp. 3-4, Germany.

MATULA, M. (1971) Present state of engineering geological mapping in the Central European Countries, Czechoslovak, German Democratic Republic, Poland, Hungary - Bulletin n° 3. Int. Ass. Eng. Geol., Krefeld.

MATULA, M. (1974) Engineering Geology in Country and Urban planning. Proceedings 2nd Int. Cong. Eng. Geology, São Paulo.

MATULA, M. (1976) Environmental aspects of eng. geological mapping. 25^o Congresso Internacional de Geologia, Sydney.

MATULA, M. (1979) Regional engineering geological evaluation for planning purposes. Bull. of the International Association of Engineering Geology. Krefeld, 19, pp. 18-24.

MATULA, M. & LETKO, V. (1980) Engineering geology in planning the metropolitan region of Bratislavia. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 19, pp. 47-52.

MATULA, M. et alii (1982) Engineering geological studies in Mountainous regions of Czechoslovakia. Proc. 4^o Congresso Internacional da I.A.E.G., v. 1, pp. I-321 - I-334, Nova Delhy.

MATULA, M. et alii (1984) Engineering geological data for regional planning in Czechoslovakia. 27^o Congresso Internacional de Geologia, v. 8, section 17, Moscou.

MATULA, M. & PASEK, J. (1984) Engineering geological maps in the Czechoslovak Socialist Republic. Proceedings 22nd Int. Geol. Cong., New Delhi.

MATULA, M. et alii (1986) Engineering geological maps for land use planning documents. 5th. International I.A.E.G. Congress, v. 6, pp. 1821-1828, Buenos Aires.

MCDONIC, G.F. (1987) Planning and Geology Planning and Engineering Geology, Geological Society Engineering Geology Special Publication, n° 4, pp. 49-52.

McHARG, I. (1969) Design with Nature. Natural History Press (American Museum of Natural History), New York.

McRAE, S.G. & BURNHAN, C.P. (1981) Land evaluation. Clarendon Press, Oxford.

MEIJERINK, A.M. (1988) Data acquisition and data capture through terrain mapping units. ITC Journal, pp. 23-44.

MELNIKOV, E.S. (1979) The main principles of procedure for the national engineering geological survey in the USSR. Bull. of the International Association of Engineering Geology. Krefeld, 19, pp. 93-95.

MITCHELL et alii (1977) Giras: a geographic information retrieval and analysis system for handling land use and cover data. U.S. Geological survey-professional paper 1059, USA.

MOH, Z.C. (1977) Geotechnical engineering and environmental control. Proc. IX - CSMFE, Tokio, v. 3, pp. 559-561.

MOLGOT, J. & MOHR, F. (1979) Engineering geological mapping of the west carpathian Landslide Areas. BIAEG, n° 19, pp. 116-120, Germany.

MORGENSTERN, N.R. (1985) Geotechnical aspects of environmental control, XI C.S.M.F.E., v. 1, pp. 155-185.

MULDER, E.F.J. (1986) Applied and engineering geological mapping in the Netherlands. 5th International I.A.E.G. Congress, v. 6, pp. 1755-1760, Buenos Aires.

NAKAZAWA, V.A. et alii (1991) Cartografia geotécnica: a aplicação como pressuposto. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 2, 1991. São Paulo. Anais, São Paulo: SBG/NSP, (no prelo).

NICHOLS, D.R. & CAMPBELL, C. (eds) (1969) Environmental planning and geology. (Proceedings of a 1696 Congerence arrabed by the

Associations of Engineering Geologists). Published jointly by the two agencies through the U.S. Geological Survey at Merlo Park, California, CDPD-32, Dec. 1971.

NICHOLS, D.R. & HYMAN, E.L. (1980) A review and analysis of fifteen environmental assessment methodologies, Center Urban and Regional Studies, University of North Carolina, Chapel Hill, N.C.

NICKLESS, E.F.P. (1982) Environmental geology of the Glenrothes district fite region. Description of 1:25.000 sheet n° 20. Res. Inst. Geol. Sci., n° 82115, London.

NICOLL, G.A. (1969) Reconnaissance engineering geology for master planning. Environmental Planning and Geology. U.S. Department of the Interior, pp. 170-175.

NISHIYAMA, L. (1991) Mapeamento geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos - SP, 2V. (Dissertação de Mestrado - EESC /USP)

NORTHCOTE, K.H. (1971) A factual key for the recognition of australian soils. 3rd Edition. (Rellim; Adelaide), pp. 123.

NOWICKI-CAUDIN, P.N. (1976) Plan de rédaction pour les études des l'impact sur l'environnemental. Pas de Calais.

OLIVER, G. & CAMBOLY, D. (1979) Cartographie géotechnique pour

l'aménagement. Bull. Liaison Lab P. et C., n° 99, pp. 59-64, France.

OLSON, G.W. (1976) Land-use contributions of soils survey with geomorphology and engineering. In: _____, pp. 23-41.

OLSON, G.W. (1981) Soils and the environment. Chapman and Hall, New York.

PASEK, J. (1975) Landslides inventory - Bulletin n° 12. Int. Ass. Eng. Geol. Krefelf.

PASEK, J. et alii (1977) Systematic registration of slope deformation in Czechoslovakia. Proceedings Symp. Int. Ass. Eng. Geol., Prague.

PEDROTO, A.E.S. & BARROSSO, J.A. (1984) Mapeamento geológico-geotécnico em áreas dos municípios de Saquarema e Maricá, R.J.: Baixada litorânea e vertente Atlântica. 4º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, v. 2, pp. 267-278, Belo Horizonte.

PEDROSA, J.A.B. et alii (1984) Loteamentos na Grande São Paulo, contribuições da Geologia de Engenharia (I) diretrizes para projeto e implantação. 4º Congresso Brasileiro de Geologia de

Engenharia, v. 2, pp. 19-30, Belo Horizonte.

PEJON, O.J. (1992) Mapeamento geotécnico da folha de Piracicaba/SP. Estudos de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação dos atributos. São Carlos/SP, 2V. (Doutorado - EESC/USP).

PEJON, O.J. (1987) Estudo geológico-geotécnico da região urbana de Araraquara (SP). São Carlos/SP, 2V. (Mestrado - EESC/USP)

PELLERIN, J. (1974) O problema de cartografia das formações superficiais em regiões tropicais. O exemplo do Brasil. Not. Geomorf., v. 14, (27/28), pp. 105-113, Campinas.

PETER, A. (1966) Essai de Carte géotechnique - Soils-soils, v. 5, n° 16.

POPOV, I.V. et alii (1950) The technique of combining engineering geological maps, Moscou (in russian).

PORCHER, M. & GUILLOPE, P. (1979) Cartography des risques ZERMOS appliquées a des plans d'occupation des sols en Normandie. Bulletin Mason Laboratoire des Ponts et Chausees, pp. 99.

PORCHER, M. & GUILLOPE, P. (1979) Cartographie des risques Zermos appliquee à des plans d'occupation des sols en Normandie. Bull. Liaison. Lab. P. et C., n° 99, pp. 43-54, France.

PRANDINI, F.L.; GUIDICINI, G.; GREHS, S.A. (1974) Geologia ambiental ou de planejamento. 28º Congr. Bras. de Geologia, pp. 273-289.

PRANDINI, F.L. et alii (1978) Uma carta geotécnica dos terrenos adjacentes ao cana do Rio Tietê, de Osasco a Guarulhos. In: 2º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 4, São Paulo, 1978. Anais. São Paulo, ABGE, v. 1, Tema 2, pp. 281-296.

PRANDINI, F.L. et alii (1978) Carta geotécnica dos Morros de Santos e São Vicente. Publicação IPT n° 1153, São Paulo.

PRANDINI, F.L. et alii (1979) Metodologia da carta geotécnica aplicada as áreas marginais do canal do Rio Tiete, de Osasco e Guarulhos. 9º Simpósio de Cartografia, Curitiba.

PRICE, D.G. et alii (1978) Field instruments for engineering geology mapping. Proc. of the 3º International Congress of the I.A.E.G., v. , pp. 145-151, Madrid.

RADBRUCH, D.H. (1957) Areal and engineering geology of the Oakland West Quadrangle, Califórnia, United States Geol. Survey Geol.

Quad. Map, I-239.

RADBRUCH, D.H. (1968) Engineering Geology in Urban Planning and Construction in the United States. 23rd I.G.C. Prague, v. 12 pp. 105-111, USA.

RADBRUCH, D.H. (1969) Areal and engineering geology of the Oakland East Quadrangle, California, United States Geol. Survey Geol. Quad. Map, G.Q. - 769.

RADBRUCH-HALL, D.H. (1978) Examples of engineering geologic mapping in seismically active areas of the United States, BIAEG, n° 19, pp. 15-26, Germany.

RADBRUCH-HALL, D.H. (1979). Environmental aspects of engineering geological mapping in the United States. Bulletin of the IAEG, 19, pp. 351-358, Germany.

RADBRUCH-HALL, D.H.; EDWARDS, K.; BATSON, R.M. (1979) Experimental engineering geologic maps of the conterminous United States prepared using computer techniques. BIAEG, n° 19, pp. 358-363, Germany.

RAHN, P.M. (1986) Engineering Geology and Environmental Approach, Elsevier, New York, pp. 589.

REMMENYI, P. Aspects of environmental protection in the geotechnical preparatory work of use, Zoning.

REMMENYI, P. & HELLE, I. (1974) The role of the engineering preliminary planning in the field of the environmental protection and development in connection with the investment process. Proceedings 6th Cong. CIB.

RICHARDSON, S.E.; HANSEN, W.J.; SOLOMON, C.; JONES, J.C. (1978) Preliminary field test of the water resources assessment methodology (WRAM): Tensas River, Louisiana. Report n° WES-MP-4-78-1, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.

ROCKAWAY, J.D. (1972) Evaluation of geologic factors for urban planning. 24th I.G.C., section 13, Montreal.

ROCKAWAY, J.D. (1974) Application of eng. geology to land use planning in the U.S.A. 2° ICIAEG, v. 2, pp. III-P. C - I., São Paulo.

ROCKAWAY, J.D. (1975) Eng. geologic data for land use planning: Journal of the urban planning and development division, A.S.C.E., v. 2, pp. 117-125.

RONAI, A. (1979) Fundamentals of eng. geological maps. BIAEG, n°

19, pp. 62-65, Germany.

ROSA, F.S. (1980) O planejamento urbano na região metropolitana da Grande São Paulo. Mesa Redonda "Aspecto Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo". Publ. especial, pp. 155-168, São Paulo.

SANEJOUAND, R. (1968) Cartographie géotechnique, perspectives ouvertes par l'emploi des orinateurs - Thesis école nationale Ponts et Chaussées, Paris.

SANEJOUAND, R. (1972) La cartographie géotechnique en France - Laboratoire Central Ponts et Chaussées, Paris.

SANTOS, M.C.S.P. (1975) A cartografia geotécnica como ferramenta para geólogos e engenheiros e sua adequação a realidade brasileira. 7ª Cong. Bras. de Cartografia, p. 14, São Paulo.

SASSAMAN, R.E. (1981) Threshold of concern: a technique for evaluating environmental impacts and amenity values. Journal of Forestry, v. 79, nº 2, February.

SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO.
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (1989) Carta Geotécnica do Município de Guarujá, São Paulo.

SEIGNEMARTIN, C.L. et alii (1979) Mapeamento geológico-geotécnico preliminar do município de Americana - SP. 2º Congresso Regional de Geologia, v. 2, pp. 321-330, Rio Claro.

SEIGNEMARTIN, C.L. (1979) Geologia de áreas urbanas: o exemplo de Ribeirão Preto - SP. Instituto de Geociências - USP (Tese de Doutorado)

SEMBENELLI, P. & UESCHITA, K. (1981) Environmental geotechniques - State of the art report. Proc. of 10th I.C.S.M.F.E., pp. 335-394, Stockholm.

SERGEEV, Y.M. The tasks of engineering geology in connection with the rational utilization of geological environmental. BIAEG, nº 15, pp. 23-26, Germany.

SERGEEV, Y.M. Engineering geology and protection of the environmental. BAIEG, nº 22, pp 75-78, Germany.

SERGEEV, Y.M. et alii (1968) Engineering geology under condition of the planned economy of the USSR. Report 23rd session of the Int. Geological Congress, Prague.

SERGEEV, Y.M. (1978) Special purpose maps of geological environmental protection. 3º Congresso da I.A.E.G., pp. 125-131, Madrid.

SERGEEV, Ye M. (1980) Engineering geology and protection of the environment. Bulletin of the IAEG, 22, pp. 75-78.

SESHAGIRI, D.N. et alii (1982) Landslide zonation in Nilgiri plateau, Tamil Nadu, Índia. In: International Congress of the IAEG, 4, New Delhi, 1982. Proceedings. New Delhi, IAEG/AIGI, v. 1, theme 1, pp. I 379-390.

SESHAGIRI, D.N.; UPENDLAN, R.; LAKSHMIKANTHAM, C.B.; SUBRAMANIAN, K. (1982) Landslide zonation in Nilgiri Planteau, Tamil Nadu, INDIA. Proc. VI Congress. Int. Assoc. Eng. Geology, New Delhi, v. 1, I-379 - 386.

SILVA, A.; VASCONCELOS, A.C.B.C.; PASCHOALE, C. (1982) Tese 4: Uma base para elaboração do currículo de Geologia. In: Simpósio Nacional de Ensino de Geologia no Brasil, Belo Horizonte, ATAS, S.B.G.

SIMEK, R. (1962) New Geotechnical map of Mirsk 1:5.000 (in

Czekoslovakian).

SIMEK, R. (1962) A nouvelle carte géotechnique au 1:5000 (en
thèque) Geologicky Pruzkum, n° 7.

SMITH, R.B. (1849) Essay on geology as a branch of study especially
meriting the attention of the Corps of Royal Engineers. Corps
Papers of the Royal Engineers Chatham, 1, pp. 27-34.

SORENSEN, J.C. (1971) A framework for identification and control of
resource degradation and conflict in the multiple use of the
coastal zone, Department of Landscape Architecture, University of
California, Berkeley, California.

SOULE, J.M. (1980) Engineering geologic mapping and potential
geologic hazards in Colorado. Bull. of the I.A.E.G., n° 21, pp.
121-131, Krefeld.

SOUZA, N.C.D.C. de (1992) Mapeamento geotécnico regional da folha
de Aguái: com base na compartimentação das formas de relevo e
perfis tipos de alteração. São Carlos/SP, 2V. (Mestrado -
EESC/USP).

STEPANOVIC, B. et alii, (1970) Certaines experiences et principes
d'élaboration des cartes de geologic de l'Ingénieur en
Yougoslavie. 1er Congress Int. de l'AIGI, Paris.

- STEVESON, P.C. (1977) An empirical method for the evaluation of relative landslide risk. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 66, pp. 69-72.
- STRAHLER, A.N. (1964) Quantitative geomorphology of drainage basin and channel net works. Section 4-II of Handbook of Applied Hydrology. Mc Graw Hill, New York.
- TER-STEPANIAN, G. (1974) Some considerations on Eng. Geological Mapping. 2^a ICIAEG, v. 2, pp. III-31 - III-32, São Paulo.
- TER-STEPANIAN, G. (1988) Beginning of the technogene. Bull. of the I.A.E.G. n^o 38, Paris, pp. 133-142.
- THOMAS, A. (1970) Réflexion sur la cartographie géotechnique. Proceedings 1st Int. Cong. Eng. Geol., pp. 960-970, Paris.
- THOMAS, A. (1973) Détermination et cartographie des zones de risques en mécanique des sols. Proceedings Symp. Sol., Sous-sol Sécurité des Constructions, Cannes.
- THOR, E.C. et alii (1978) Forest environmental impact analysis: a new approach. Journal of Forestry, November.
- TOY, T.J. & HADLEY, R.F. (1987) Geomorphology and reclamation of disturbed lands. Academic Press, Inc.

TURNER, A.K. & COFFMAN, D.M. (1973) Geology for planning: a review of environmental geology. Quaterly of the Colorado School of Mines, v. 68, n° 3, USA.

U.S. Department of the Interior (1978) Nature to be command.

U.S.S.C.S. (1953) Engineering handbook for farm planners; Upper Mississipi Valey Region III.

UNDRO (1979) Natural disasters and vulnerability analysis. Report of Experts Group Meeting, Geneva.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS (1987) Projeto mapa geotécnico da cidade de Maceió. 1ª Etapa, pp. 63.

VAN DRIEL, J.N. (1978) Practical use of geologic information by planners. Geology, v. 6, pp. 592-596, USA.

VARNES, D.J. (1974) The logic of engineering geological and related maps. A discussion of the definition and classification of map units, with special references to problems presented by maps intended for use in civil engineering - Professional paper 837, U.S. Geological survey, pp. 48.

VARNES, D.J. (1978) Slope movements: types and processes. In: Landslides, analysis and control, R.L. Schuster & R.J. Krizek, eds, Special Report 176. Transportation Research Board, Washington D.C., National Academy of Sciences, pp. 11-33.

VARNES, D.J. (1984) Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. UNESCO, Paris.

VERSTAPPEN, H. TH. (1968) I.T.C. system of geomorphological survey, I.T.C.. Textbook of Photo-Interpretation (Delft), ch. VII, 2, pp. 49.

VERSTAPPEN, H. TH.; ZUIDAN, R.A. VAN (1975) The I.T.C. System of Geomorphological mapping. S. 1. ITC. VII - 2 (Textbook).

VERSTAPPEN, H. TH. (1983) Applied Geomorphology. Elsevier.

VLCKO, J. (1982) Eng. geological optimization analysis in land use planning. Proc. 4^o Congresso Internacional da I.A.E.G., v. 1, pp. I-1 - I-14, Nova Dely.

WALMSLEY, M.E. (1976) Biophysical land classification in British Columbia: the philosophy, techniques and application. Proceedings of the First Meeting of the Canadian Committee on Ecological (Biophysical) Land Classification, 1976. Petawawa, Ontario, pp. 3-26.

WAY, D.S. (1973) Terrain analysis - A guide to site selection using aerial photograpic interpretation. (Dowden, Hutchinson and Ross Inc.; Pennsylvannia). pp. 392.

WOLFF, F. Ch. (1987) Geoscientific map of the natural environment's potential utilisation 1:25.000, Trondheim. Geol. Survey of Norway, Trondheim.

WOLFF F. Ch., ed., (1987) Geology for environmental planning. Sp. Publ. 2, Geol. Survey of Norway, Trondheim.

WOLOSHIN, A.J. (1970) Environmental information systems. Their use in urban planning. 1º Congresso Internacional da I.A.E.G., pp. 871-881.

WORTH, D.H. (1987) Planning for engineering geologists. Planning and Engineering Geology, Geological Society, Engineering Geology Special Publication, nº 4, pp. 39-36.

YOUNG, A. (1976) Tropical soils and soils survey. Cambridge University Press.

ZARATIN, S. (1976) Consideração sobre a aplicação dos estudos de fisiografia aos planos de desenvolvimento urbano e regional. 1º Congresso Bras. de Geologia de Engenharia, v. 3, pp. 343-354, Rio de Janeiro.

- ZARUBA, Q. (1964) Geologic Research in Turnov Territory in view of the New City Plan (in Czechoslovakian).
- ZARUBA, Q. (1968) The influence of Geology on the development of the city of Prague. XXXIII^a I.G.C. Prague. Proceedings of Session 12, pp. 133-134.
- ZARUBA, Q. & MENCL, V. (1969) Landslides and their control. Academic and Elsevier, Prague, pp. 205.
- ZARUBA, Q. (1974) Mineral resources and their protection in regional planning. Proceedings 2nd Int. Cong. Eng. Geol., São Paulo.
- ZUIDAM, R.A. (1986) Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. Smits Publishers. Netherlands.
- ZUQUETTE, L.V. (1981) Mapeamento geotécnico preliminar da região de São Carlos. EESC-USP. (Dissertação de Mestrado).
- ZUQUETTE, L.V. & GANDOLFI, N. (1984) Problemas ambientais na região sudeste no Estado de MT. 4^a Congresso Bras. de Geol. de Engenharia, v. 2, pp. 241-253, Belo Horizonte.
- ZUQUETTE, L.V. & GANDOLFI, N. (1984) Contribuição à cartografia geotécnica da Grande Cuiabá - MT. 4^a Congresso Bras. de Geol. de

Engenharia, v. 2, pp. 109-118, Belo Horizonte.

ZUQUETTE, L.V. & GANDOLFI, N. (1987) Metodologia de mapeamento para áreas municipais. In: C.B.G.E., 5, São Paulo. Anais, ABGE, São Paulo, v. 2, pp. 303-312.

ZUQUETTE, L.V. & GANDOLFI, N. (1987) Mapeamento geotécnico aplicável a rejeitos sépticos. 5º Congresso da A.B.G.E., v. 2, São Paulo, pp. 313-322.

ZUQUETTE, V. & GANDOLFI, N. (1988) Mapeamento geotécnico: levantamento e análise das metodologias e sistemáticas mais utilizadas. Anais do VII Congresso Latino-Americano de Geologia Beileu, pp. 591-605.

ZUQUETTE, L.V. (1987). Análise crítica sobre cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras. Tese de Doutorado, EESC, São Paulo.

ZUQUETTE, L.V. & GANDOLFI, N. (1990) Geotechnical mapping: a basic document to urban planning. 6th Int. Congress of the I.A.E.G., Amsterdam.

ZUQUETTE, L.V. (1991) Mapeamento geotécnico: Ribeirão Preto.
Relatório Científico FAPESP, inédito, v. 2, pp. 269.

ZUQUETTE, L.V. & GANDOLFI, N. (1992) Algumas reflexões sobre o
mapeamento geotécnico. I Workshop sobre Geociências, U.F.R.J./IG
- Rio de Janeiro.