

Diagnóstico Preliminar da Cartografia Geotécnica e Geoambiental no Brasil

Comissão Técnica de Cartografia Geotécnica e Geoambiental - CTCG

Coordenadores

Lídia Keiko Tominaga - IG-SMA/SP - tominaga@igeologico.sp.gov.br

Osni José Pejon - EESC/USP - pejon@sc.usp.br

Cezar Augusto Bastos - FURG - bastos@dmc.furg.br

Integrantes da CTCG

Eduardo Marques - UFV - emarques@ufv.br

Emílio Velloso Barroso – UFRJ - ebarroso@acd.ufrj.br; emilio@ufrj.br

Frederico Garcia Sobreira – UFOP - sobreira@degeo.ufop.br

Jaci Pereira da Silva Temoteo – UFES - temoteo@npd.ufes.br

José Eduardo Zaine - UNESP/Rio Claro - jezaine@rc.unesp.br

Kátia Canil – IPT - canilkat@ipt.br

Margareth Mascarenhas Alheiros – UFPE – alheiros@ufpe.br

Maria Cristina J. de Almeida – IPT - crislcg@ipt.br

Maria José Brollo - IG-SMA/SP - mjbrolo@igeológico.sp.gov.br

Newton Moreira de Souza – UNB - nmsouza@unb.br

Nilson Gandolfi - EESC/USP - prohabda@terra.com.br

Nóris Costa Diniz – CPRM - noris@df.cprm.gov.br

Normando Zitta – ENGEFOTO - normando@engefoto.com

Norton Roberto Caetano - UNESP/Rio Claro - nortonrc@rc.unesp.br

Orioaldo Cunha Martinez – CAPENGENHARIA - capgeoeng@uol.com.br

Paulo Jorge Rosa Carneiro – UCB - pauloc@pos.ucb.br

Pedro Augusto Pfaltzgraff – CPRM – pedroaugusto@re.cprm.gov.br

Ricardo Vedovello - IG-SMA/SP - vedovello@igeologico.sp.gov.br

Silvana Liporaci – UFSCAR - sliporaci@yahoo.com.br

Tony Carlos Dias da Costa – UFPA - tony@ufpa.br

1. INTRODUÇÃO

O acelerado processo de urbanização em curso no Brasil vem acarretando graves problemas ambientais com conseqüências sociais e econômicas que oneram o poder público e a sociedade como um todo. Estes problemas, muitas vezes, são decorrentes do desconhecimento e/ou da desconsideração da natureza do meio físico e dos fatores que regulam a sua dinâmica. Assim, as populações convivem com escorregamentos em encostas, erosões, inundações, subsidência de solos, e outros fenômenos que lhes causam grandes transtornos. Neste contexto, a carta geotécnica consiste num instrumento técnico de grande importância para a conciliação entre as atividades humanas e o meio físico que lhes dá suporte. De acordo com Prandini et al. (1995), as cartas geotécnicas expressam, na prática, o conhecimento geológico aplicado ao enfrentamento dos problemas causados pelo uso e ocupação da terra, orientando medidas preventivas e corretivas para minimizar os danos ambientais e os riscos aos próprios empreendimentos. Dentro da denominação de cartografia geotécnica incluem-se diversos tipos de cartas e mapas, derivados ou com finalidades específicas, tais como, cartas de suscetibilidade, cartas de risco, cartas de aptidão e cartas de atributos ou parâmetros.

A criação da Comissão de Cartografia Geotécnica e Geoambiental resultou das diversas discussões ocorridas por ocasião dos simpósios e congressos (SBCG e CBGE). No seu formato atual a comissão foi estruturada com base nas diretrizes gerais definidas na reunião do 4º SBCG (Brasília, 2001), e formalizada em 2002, por ocasião do 10º CBGE em Ouro Preto. A instalação junto à ABGE, ocorreu em 07 de outubro de 2002. No intuito de estimular o avanço do conhecimento técnico científico da Cartografia Geotécnica e Geoambiental nas questões relacionadas à sua produção e aplicação no Brasil, esta comissão tem os seguintes objetivos:

- Obter um quadro da situação atual em questões relativas à sua produção e aplicação, através de um amplo levantamento dos trabalhos produzidos junto às instituições e profissionais da área;
- Promover a discussão e a troca de experiências entre os profissionais e instituições;
- Estruturar e organizar uma publicação sobre o estado da arte;
- Contribuir na organização dos simpósios e outros eventos relacionados à área.

Nesta publicação estão sendo analisados e apresentados, ainda de maneira preliminar, os resultados obtidos na primeira etapa, que constou do levantamento de dados e cadastro de instituições, profissionais e trabalhos relacionados à Cartografia Geotécnica e Geoambiental no Brasil.

2. METODOLOGIA

Inicialmente a comissão discutiu e definiu uma série de itens, considerados importantes para se obter um diagnóstico sobre a Cartografia Geotécnica e Geoambiental no Brasil. Em seguida estes itens foram organizados em formato de banco de dados (Access 2000) e disponibilizados na página da web da ABGE. A Figura 1 mostra as fichas de cadastro utilizadas para cadastro das instituições, profissionais e trabalhos. Em paralelo foram enviados esforços de divulgação e incentivo para que as empresas e profissionais realizassem os cadastros.

O recebimento das informações foi centralizado na ABGE, sendo em seguida repassadas a comissão de cartografia para uma análise preliminar dos dados. Nesta etapa, procurou-se fazer apenas uma análise geral dos dados, uma vez que algumas informações ainda estão incompletas. Os dados foram inicialmente tabulados considerando alguns itens do questionário, de maneira a se obter um panorama sobre a produção atual de cartografia geotécnica no Brasil. A CTCG solicitou também aos responsáveis pelo cadastro que elaborassem um rápido histórico sobre a evolução da Cartografia Geotécnica em sua instituição. Estas informações foram acrescentadas a este diagnóstico na íntegra, como forma de ajudar a formar um panorama da evolução da Cartografia Geotécnica e Geoambiental no Brasil.

3. RESULTADOS

3.1. Análise preliminar dos dados do cadastramento realizado

O cadastro foi preenchido por 13 instituições, sendo 12 públicas e somente uma privada. A Tabela 1 apresenta a relação das instituições e o tempo de atuação em cartografia. Observa-se um grande predomínio de universidades públicas (08), como produtoras de trabalhos de cartografia geotécnica e geoambiental, seguidas pelos institutos de pesquisa, também de caráter público. Outra constatação é que estas instituições concentram-se na região Sul e Sudeste, podendo-se citar como exceção a UnB e a CPRM que tem representação em vários estados.

Tabela 1 – Instituições que efetuaram o cadastro junto a CTCG

INSTITUIÇÕES	TIPO	TEMPO ATUAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto	Pública	> 10 anos
Universidade Estadual Paulista – UNESP – Rio Claro	Pública	>10 anos
Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL	Privada	< 02 anos
Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG	Pública	>10 anos
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ	Pública	> 10 anos
Universidade de Brasília – UnB	Pública	> 10 anos
Universidade Federal de Viçosa – UFV	Pública	> 10 anos
Universidade Federal de São Carlos – UFScar	Pública	> 10 anos
Universidade de São Paulo – EESC/USP	Pública	> 10 anos
Serviço Geológico do Brasil – CPRM	Pública	> 10 anos
Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT	Inst. de Pesquisa	> 10 anos
Instituto Geológico – IG	Inst. de Pesquisa	> 10 anos
Fundação Instituto de Geotécnica - GEORIO	Pública	> 10 anos

Como não poderia deixar de ser, grande parte da produção tem componente acadêmico, com produção de dissertações, teses e artigos publicados derivados em sua maioria destas pesquisas. Foi cadastrado um total de 1.144 trabalhos, distribuídos entre as instituições conforme mostrado na Figura 2. Na Figura 3 está representada a distribuição dos trabalhos segundo as principais escalas em que foram produzidos. Deve-se ressaltar que nem todas as instituições informaram as escalas de todos os trabalhos, apesar disto observa-se nitidamente que a maioria dos mapas foi produzida em escalas entre 1:10.000 e 1:50.000 seguido pelas escalas 1:50.000 a 1:100.000.

Figura 1 - Modelos das fichas de cadastro

CADASTRO DE INSTITUIÇÕES		CADASTRO DE PROFISSIONAIS		CADASTRO DE TRABALHOS	
Código: <input type="text" value="1"/>	Instituição Nº: <input type="text"/>	Código: <input type="text" value="1"/>	Instituição Nº: <input type="text"/>	Código: <input type="text" value="1"/>	Instituição Nº: <input type="text"/>
Nome da Instituição: <input type="text"/>		Nome: <input type="text"/>		Referência Bibliográfica Completa: <input type="text"/>	
Tipo de Instituição: <input type="text"/>		E-mail: <input type="text"/>		Localização (Municípios/Estado): <input type="text"/>	
Tempo de Atuação em Cartografia Geotécnica/Geoambiental: <input type="text"/>		Instituição: <input type="text"/>		Extensão da Área Estudada (km ²): <input type="text"/> Escala: <input type="text"/>	
Número de Trabalhos de Cartografia Geotécnica/Geoambiental Produzidos: (Artigos, relatórios, teses/ dissertações, etc) <input type="text"/>		Endereço completo: <input type="text"/>		Finalidade do Trabalho: <input type="checkbox"/> Pesquisa <input type="checkbox"/> Resolução de Problema Específico	
		Telefone: <input type="text"/> Fax: <input type="text"/>		<input type="checkbox"/> Planejamento Urbano <input type="checkbox"/> Outra (especificar) <input type="text"/>	
Equipe de Profissionais		Áreas de Atuação:		Metodologia Utilizada	
Número de Profissionais Técnicos:		<input type="checkbox"/> Ensino / Pesquisa <input type="checkbox"/> Obras de Engenharia <input type="checkbox"/> Gerenciamento de Empreendimentos <input type="checkbox"/> Planejamento Urbano <input type="checkbox"/> Gestão Ambiental <input type="checkbox"/> Planejamento Territorial <input type="checkbox"/> Mineração <input type="checkbox"/> Outra <input type="text"/>		<input type="checkbox"/> Pesquisa <input type="checkbox"/> Resolução de Problema Específico <input type="checkbox"/> Planejamento Urbano <input type="checkbox"/> Outra (especificar) <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Planejamento Regional	
Geólogo: <input type="text"/>	Especialização: Mestrado: <input type="text"/>	Formação Acadêmica		Uso de Geoprocessamento	
Geógrafo: <input type="text"/>	Doutorado: <input type="text"/>	Graduação: <input type="text"/>		<input type="checkbox"/> Imagens de Satélite <input type="checkbox"/> SIG <input type="checkbox"/> Imagens de Radar <input type="checkbox"/> Outro (especificar) <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Fotos Aéreas	
Engenheiro Cartógrafo: <input type="text"/>	Pós-Doutorado: <input type="text"/>	Ano de Conclusão: <input type="text"/>		Cartas e Mapas Produzidos (citar quais)	
Engenheiro Civil: <input type="text"/>	Outra: <input type="text"/>	Unidade/Instituição: <input type="text"/>		<input type="checkbox"/> Básicos <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Derivados/Interpretativos <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Zoneamento <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Susceptibilidade <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Risco <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Outros <input type="text"/>	
Outros: <input type="text"/>		Pós-Graduação em: <input type="text"/>		Ensaio Realizados (citar quais)	
Nível Médio: <input type="text"/>		Nível: <input type="text"/>		<input type="checkbox"/> Caracterização (Solos) <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Caracterização (Rochas) <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Caracterização (Águas) <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Específicos (Solos) <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Específicos (Rochas) <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Específicos (Águas) <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Específicos (Outros) <input type="text"/>	
Dados da Instituição		Unidade/Instituição: <input type="text"/>			
Endereço: <input type="text"/>		Pós-Graduação em: <input type="text"/>			
Bairro: <input type="text"/>	Cidade: <input type="text"/>	Nível: <input type="text"/>			
CEP: <input type="text"/>	UF: <input type="text"/>	Área de Concentração: <input type="text"/>			
Telefone 1: <input type="text"/>	Fa: <input type="text"/>	Unidade/Instituição: <input type="text"/>			
Telefone 2: <input type="text"/>		Pós-Graduação em: <input type="text"/>			
Endereço Eletrônico: <input type="text"/>		Unidade/Instituição: <input type="text"/>			
Responsável p/ Contato: <input type="text"/>		Outros Cursos: <input type="text"/>			

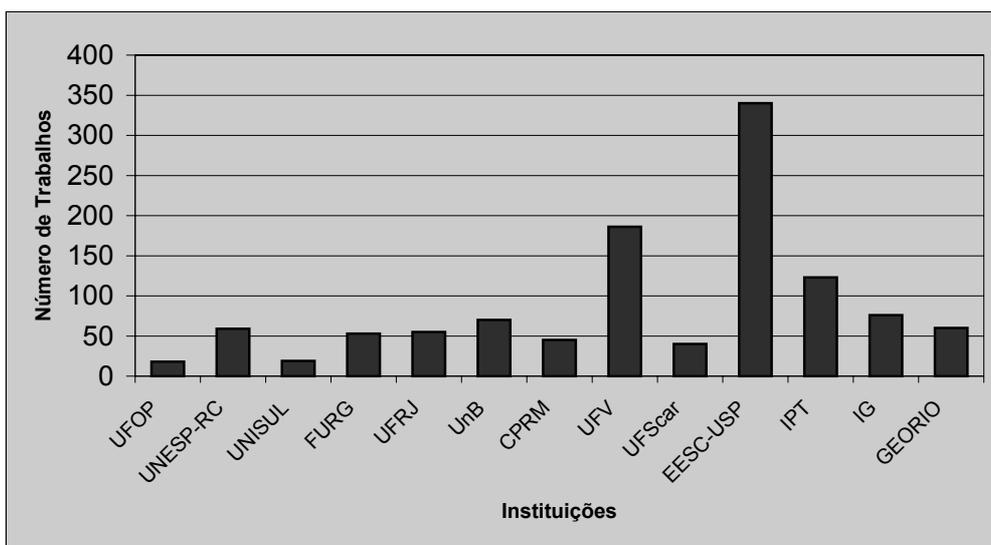


Figura 2 - Número de trabalhos produzidos por instituição

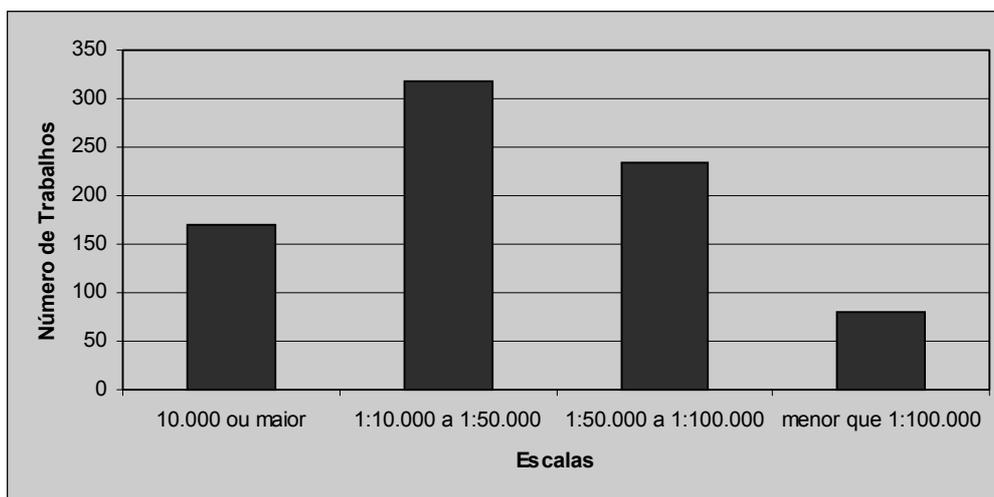


Figura 3 - Principais escalas de produção dos trabalhos

Chama a atenção no entanto que um número razoável de trabalhos vem sendo realizado em escalas de detalhe, ou seja, maiores que 1:10.000, o que deveria se refletir em maior quantificação nos trabalhos de cartografia, com o aumento na realização de ensaios tanto em solos quanto em rochas. No entanto, quando se observa o número de ensaios indicados nos cadastros verifica-se que é ainda muito reduzido.

Os mapas e cartas produzidos destinam-se predominantemente a orientar o planejamento urbano e regional, como pode ser observado na Figura 4. Há um número muito menor de trabalhos realizados especificamente para atender a demanda de resolução de problemas específicos.

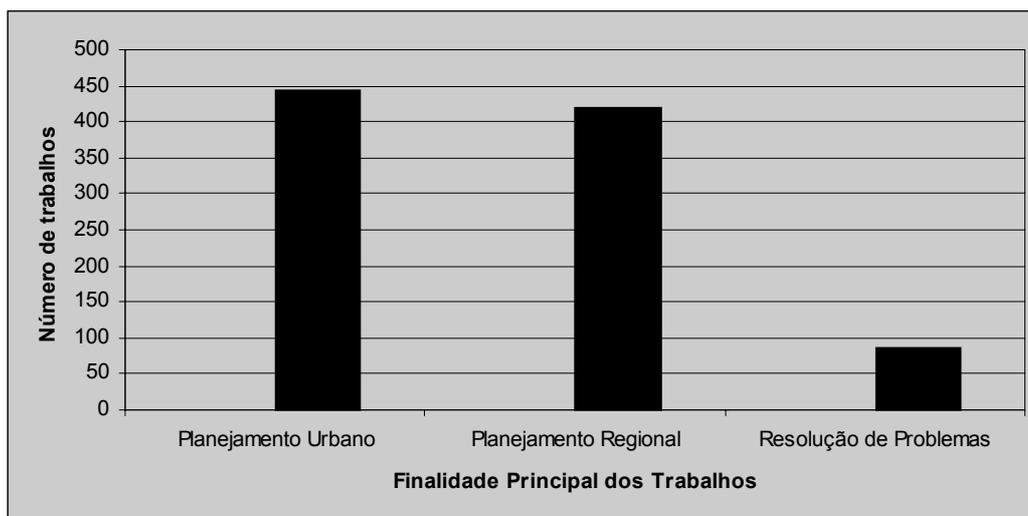


Figura 4 - Finalidade principal dos trabalhos produzidos

Há uma variedade de produtos cartográficos gerados, no entanto alguns são mais comuns na maioria dos trabalhos realizados. A Figura 5 mostra que os mapas básicos, como Geológico, Substrato Rochoso, Materiais Inconsolidados, entre outros são elaborados na maioria dos trabalhos. Cartas de zoneamento de vários tipos também fazem parte dos materiais cartográficos produzidos. Cartas mais específicas, como susceptibilidade e de processos geológicos são mais raras. As cartas de risco também ainda são produzidas em pequena quantidade.

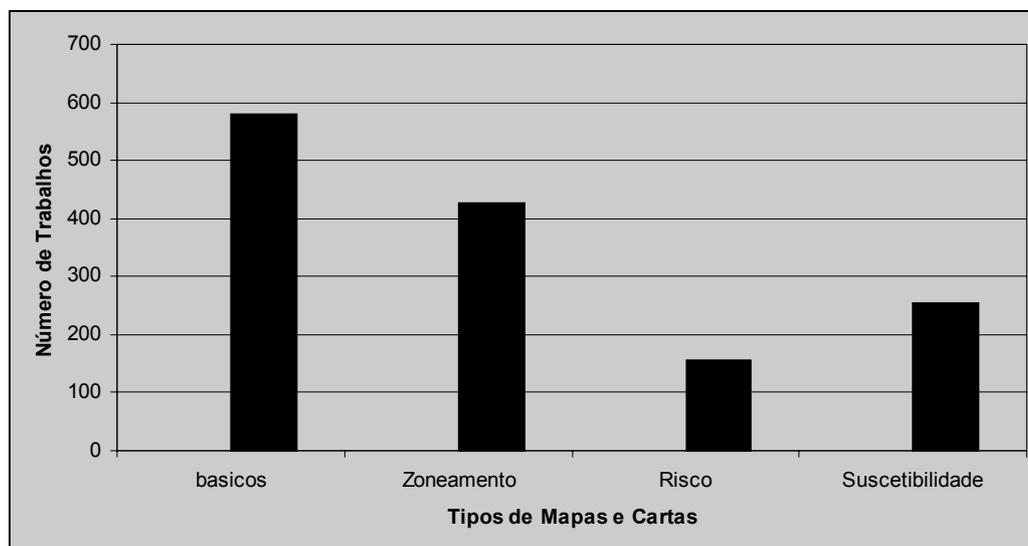


Figura 5 - Tipos de mapas e cartas produzidos

Outro aspecto percebido no levantamento é que o uso do geoprocessamento vem se acentuando na elaboração dos trabalhos, como mostrado na Figura 6. Os dados apresentados nesta figura deixam claro que o uso de fotografias aéreas ainda é fundamental nos trabalhos de cartografia, no entanto o uso de imagens de satélite vem se intensificando, associado ao uso intensivo de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) que tem demonstrado grande potencial para agilizar e melhorar a qualidade dos mapas e cartas produzidos.

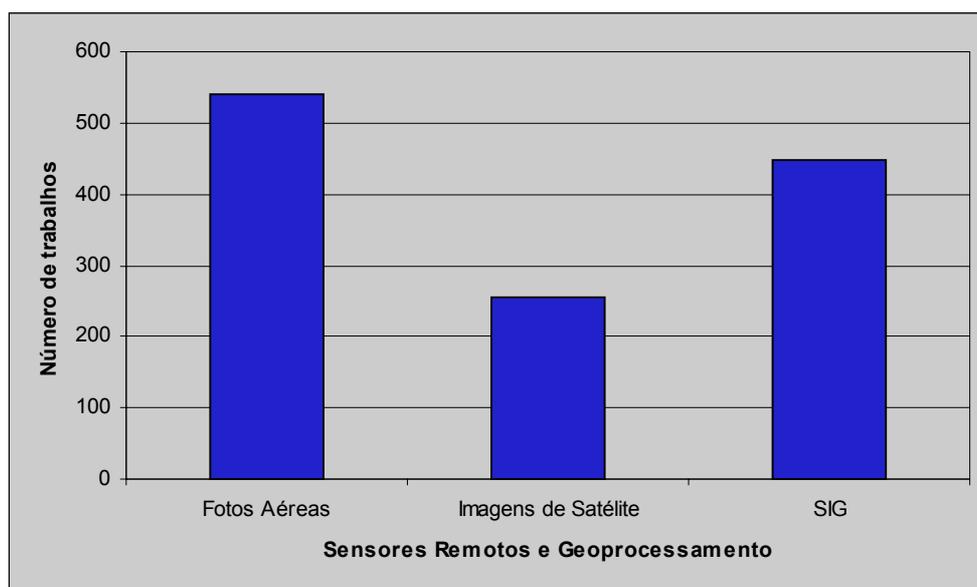


Figura 6 - Uso de sensores remotos e geoprocessamento na cartografia

3.2. Histórico e evolução da cartografia geotécnica e geoambiental nas várias instituições cadastradas

Nesta etapa do levantamento, realizado pela CTCG, solicitou-se aos responsáveis pelo fornecimento das informações de cada instituição que apresentassem um rápido histórico da evolução da cartografia geotécnica em suas respectivas instituições. A seguir apresenta-se cada um desses relatos, como forma de dar um panorama mais real do desenvolvimento da cartografia em cada instituição.

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Prof. Dr. Frederico Garcia Sobreira

Os trabalhos desenvolvidos no âmbito da UFOP pelos departamentos de Geologia (DEGEO), principalmente, e de Engenharia Civil (DECIV) estão em sua maioria relacionados a estudos de Pós-Graduação. São estudos realizados em áreas urbanas e rurais, sendo que no primeiro caso tem-se trabalhado em escalas de detalhe ($> 1:10.000$) e com uma abordagem mais direcionada para análise de riscos e suscetibilidades a processos geológicos, principalmente movimentos gravitacionais de massa, face à morfologia regional. No caso de áreas rurais, o enfoque principal tem sido o estudo de processos e mecanismos relacionados à erosão acelerada (voçorocas), problema gravíssimo na região. Neste caso têm-se trabalhado em escalas menores, porém abrangendo áreas maiores.

Os métodos utilizam técnicas consagradas em cartografia geotécnica, com a interpretação de imagens, caracterização geotécnica dos materiais e levantamentos cadastrais de ocorrências, tendo sempre como objetivo o planejamento do uso e ocupação do solo. A partir de 2.000, com a implementação da Mapoteca Digital do DEGEO, passou-se a trabalhar com cartografia automática e, a partir de 2.003, com a criação do Laboratório de Geoprocessamento a partir da estrutura da Mapoteca Digital, tem-se trabalhado em ambiente SIG. No entanto, esta linha ainda está em seus primeiros passos, mas considera-se este um caminho irreversível.

Quanto à aplicação dos resultados, tem-se obtido bons e maus resultados. Alguns trabalhos em Ouro Preto, tanto na área urbana como na rural, foram anexados ao Plano Diretor de Ouro Preto, de 1996, porém infelizmente este plano não vem sendo seguido. Experiência mais bem sucedida ocorreu em Mariana a partir de 2.003, uma vez que os dois trabalhos principais realizados foram base para os estudos diagnósticos e preditivos do meio físico. Neste caso, estes estudos forneceram base direta para parte da legislação elaborada (Plano Diretor Urbano-Ambiental de Mariana).

Atualmente o enfoque dos trabalhos tem buscado a realização de diagnósticos geoambientais em bacias hidrográficas, sendo os principais estudos desenvolvidos em sub-bacias hidrográficas nas cabeceiras dos rios das Velhas e Doce, uma vez que a região situa-se nos divisores destas duas grandes bacias regionais. Mais recentemente foram iniciados estudos em outras regiões do estado de Minas Gerais e Espírito Santo, fato que representa um grande salto qualitativo para o grupo que trabalha com cartografia digital na UFOP. Estes estudos já utilizam a tecnologia SIG e através deles espera-se conseguir melhorias no laboratório de Geoprocessamento do DEGEO, buscando a consolidação da escola na linha de Cartografia Geotécnica.

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Prof. Dr. Emílio Velloso Barroso e Prof. Dr. Josué Alves Barroso

Na UFRJ a cartografia geotécnica teve início em 1965, por iniciativa do Prof. Herman Habelehner, como uma das opções de trabalho final de curso dos graduandos da Escola de Geologia da Universidade do Brasil. É produto dessa fase a apresentação de uma folha protótipo, na escala 1:5.000, tendo como foco o bairro de Laranjeiras, com uma área total de 10 km². Esse trabalho foi o primeiro mapa geotécnico publicado no Brasil, no XX Congresso Brasileiro de Geologia-1966-Vitória-ES (Habelehner, 1966 e Heine, 1966).

Com o surgimento do PADCT, a partir de 1985, o mapeamento geotécnico na UFRJ (antiga Universidade do Brasil), assume o caráter de tema de pesquisa da Pós Graduação em Geologia de Engenharia, sem prejuízo da continuidade dos trabalhos de graduação. A área alvo foi ampliada para toda a Grande Região Metropolitana do Rio de Janeiro. As metodologias empregadas tiveram como base a mesma da folha protótipo de Laranjeiras, trazida do Leste da Europa pelo Prof. Habelehner (austríaco), com algumas adaptações, e que serviu de base para a metodologia preconizada pela IAEG (1976). Algumas pequenas mudanças metodológicas foram aplicadas no decorrer dos anos, como resultado das variações dos complexos geológicos, da escala de trabalho e do conhecimento da dinâmica do meio físico (adquirido com o desenvolvimento de pesquisas correlatas na área alvo). São exemplos mais importantes de novos métodos de mapeamento: perfis de intemperismo como unidades geotécnicas, nas escalas maiores; associações de unidades pedológicas na composição de unidades geotécnicas, para as áreas de baixadas quaternárias, e o uso das técnicas de geoprocessamento, para as escalas menores. Os recursos tecnológicos empregados foram os da rotina: martelo, bússola, lupa, trado, fotografias aéreas e caracterização, em laboratório, dos materiais amostrados, além de, a partir da década de 90, técnicas de geoprocessamento, como já citado.

A finalidade central tem sido o uso e ocupação do solo no âmbito municipal, na suposição de facilitar a aplicação sistemática dos resultados, na medida em que se reduz o poder de decisão a uma única esfera governamental. Mas, neste sentido, o insucesso tem sido a tônica. Não há um só município que tenha incorporado a cartografia geotécnica em seus planejamentos de uso e ocupação. Tem-se conhecimento, na Cidade do Rio de Janeiro, de aplicações de resultados em remanejamentos e urbanizações de favelas e levantamentos de dados de empresas responsáveis por projetos de estrada e túneis. Deve-se mencionar alguns serviços de mapeamento geotécnico prestados para empresas visando a estabilidade de taludes e em estudos de impacto ambiental para a implantação de empreendimentos.

Universidade Federal de Viçosa - UFV

Prof. Dr. Eduardo Antonio Gomes Marques

Os trabalhos desenvolvidos no Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa estão mais voltados para o levantamento de dados necessários à elaboração de cartas de Risco Geológico relacionadas aos movimentos de massa e às inundações. Estes trabalhos eram elaborados sem o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas, com metodologias semelhantes àquelas utilizadas no Rio de Janeiro (IGEO/UFRJ e GEORIO) e Petrópolis (P. M. Petrópolis), com a realização de um cadastro de pontos e áreas de risco geológico, bem como sua hierarquização.

Esta mesma linha de atuação tem prosseguido em estudos mais recentes. Entretanto, desde 2.000 estes trabalhos tem contado com o apoio de Sistemas de Informação Geográficas, através de uma estreita colaboração entre os professores do Setor de Geotecnia do DEC/UFV. Em dois estudos recentes (Viçosa e Juiz de Fora – MG), foram desenvolvidos programas de acesso a um banco de dados desenvolvido especificamente para

armazenar as informações coletadas em trabalhos de campo envolvendo a caracterização de pontos e áreas de risco geológico.

Outra linha de pesquisa e atuação tem sido a aplicação dos SIGs como apoio à seleção de áreas para fins diversos: instalação de aterros sanitários, anéis rodoviários, aeroportos, etc. Além disso, temos utilizado os SIGs para a avaliação de impactos ambientais causados por assoreamento de rios, contaminação de aquíferos, etc. Nestes trabalhos os SIGs tem sido utilizados para tratar e trabalhar com um amplo leque de informações, tais como geologia, pedologia, declividade, posição do NA, uso do solo, cobertura vegetal, erodibilidade, etc.

As principais aplicações dos estudos e trabalhos realizados estão voltadas para o apoio ao desenvolvimento de planos diretores para pequenas e médias prefeituras da região da Zona da mata e Central do estado de Minas Gerais, bem como empresas de mineração do Quadrilátero Ferrífero (MG).

Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Prof. Dr. Cezar Augusto Bastos e Prof. Dr. Carlos Armanini Tagliani

Grupo de Pesquisa Geotecnia

Área de atuação: cartografia geotécnica

Metodologias adotadas:

- Definição de unidades geotécnicas segundo a metodologia do LAMGEO (Laboratório de Mapeamento Geotécnico e Comportamento de Grandes Áreas) – UFRGS/UFSC (Davison Dias e Milititsky, 1994 e Davison Dias, 1995), baseada no cruzamento de informações geológicas e pedológicas para a definição de universos de solos com similar comportamento geotécnico;
- Uso de ferramentas de SIG para a integração de dados do meio físico, segundo proposta de Valente (1999);
- Estudo geotécnico de perfis de solos representativos de unidades geotécnicas: investigação e descrição de perfis típicos em campo e ensaios geotécnicos em laboratório dos solos dos horizontes de interesse.

Recursos tecnológicos

- Recursos humanos

- Corpo técnico composto de professores pesquisadores, técnicos de laboratório, alunos de pós-graduação e bolsistas de graduação (curso de Engenharia Civil)

- Recursos Materiais:

- Laboratório de Geotecnia do DMC/FURG – infra-estrutura para ensaios geotécnicos;
- Base de dados sobre o meio físico regional - levantamentos geológicos, geomorfológicos, de solos, etc..., fotos aéreas, imagens orbitais, entre outros;
- Recursos de informática – hardwares e softwares voltados ao processamento de dados geotécnicos, à digitalização de dados cartográficos e ao emprego de ferramentas de SIG

Finalidades dos estudos:

- Formação de uma base de dados geotécnicos sobre os solos regionais;
- Subsidiar estudos de planejamento municipal e regional

Aplicação dos resultados (exemplos):

- Pesquisa de solos alternativos para pavimentação de baixo custo e obras de terra na Planície Costeira Sul do RS;
- Estudos de adequação dos planos-diretores de municípios da Planície Costeira Sul do RS.

Grupo de Pesquisa LOG/DGEO

Área de atuação: geologia costeira e marinha, gerenciamento costeiro.

Metodologias adotadas:

- Elaboração de mapas básicos e interpretativos para fins de estudos de impacto ambiental e gerenciamento costeiro.
- Processamento digital de imagens de satélite, modelagem numérica de terreno, avaliação multi-critério, ferramentas de apoio a tomada de decisão de SIGs
- Produtos gerados: cartas batimétricas de detalhe, modelos elevação digital, mapas temáticos básicos e interpretativos (mapas de vulnerabilidade, sensibilidade ambiental, áreas protegidas, declividades), definição

de unidades de integração (ambientais, físico-naturais, geoambientais, etc..) mapas de prognóstico ambiental (criticidade de gestão, áreas prioritárias para gerenciamento preventivo, soluções de manejo integrado para atividades específicas, zoneamento ambiental e outros)

- Softwares de geoprocessamento mais utilizados: Idrisi, Spring, Arc View, Autocad, Surfer, Microstation.

Recursos tecnológicos

- Recursos humanos

- Corpo técnico composto de professores pesquisadores, técnicos de laboratório, alunos de pós-graduação e bolsistas de graduação (curso de Oceanologia e Geografia)

- Recursos Materiais:

- Laboratório de Sedimentologia do LOG/DGEO – infra-estrutura para análise granulométrica;
- Banco de dados digitais sobre o meio físico local/regional - levantamentos geológico-geomorfológicos, de solos, fauna, flora, processos físicos ativos, modelos ecológicos, etc..., fotos aéreas, imagens orbitais, cartas topográficas, cartas náuticas, entre outros;
- Sistema ADAR 2000 para levantamentos aerofotogramétricos de 35 mm
- Banco de dados socioeconômicos local e regional
- Recursos de informática – hardwares e softwares voltados ao processamento de dados, à digitalização de dados cartográficos e ao emprego de ferramentas de SIG

Finalidades dos estudos:

- Geração e manutenção de um banco de dados digitais para o gerenciamento costeiro;
- Subsidiar estudos de planejamento municipal e regional, monografias de graduação, dissertações de mestrado e teses de doutorado.

Aplicação dos resultados (exemplos):

- Planejamento urbano e regional em ambientes costeiros (zoneamento ecológico-econômico, subsídios para o GERCO estadual e municipal, municipalização de parte do processo de licenciamento ambiental estadual, EIA-RIMA de atividades portuárias e industriais, capacitação de recursos humanos).

Fundação Instituto de Geotécnica - GEORIO

Prof. Dr. Cláudio Palmeiro do Amaral

A Gerência de Geologia da GEORIO conta com três geólogos atuando em cartografia geotécnica: Cláudio Amaral, Luís José Brandão da Silva e José Antonio Mendonça. Desde 1990 foram produzidas diversas cartas geotécnicas, cujas metodologias e tecnologias variaram em função dos objetivos de cada carta, conforme se apresenta a seguir:

1. Cartas de Susceptibilidade a Escorregamentos, na escala 1:25.000 – utilizou-se um SIG de primeira geração para superpor mapas temáticos e, após efetuar o controle de campo, gerar uma carta qualitativa. Os recursos tecnológicos envolviam um PC e mapas temáticos em formato Raster. A superposição dos mapas foi feita em mesa de luz e a correção dos graus de risco, depois do campo, efetuada manualmente;
2. Cartas de Risco a Escorregamentos na escalas de 1:250 a 1:2.000 para favelas da zona urbana do Rio de Janeiro. Na primeira parte da década de 90, adotou-se basicamente o método subjetivo, com intenso controle de campo. As Cartas eram preparadas no campo, com apoio de fotos aéreas e fichas de descrição. Posteriormente, estes dados eram lançados no Word e os mapas confeccionados pelo desenhista;
3. Mapa geológico-geotécnico específico (voltado para escorregamentos) na escala 1:10.000. Em 1997 utilizou-se a metodologia da IAEG - reunião de informações, fotos aéreas, mapeamento de campo e plotagem das feições específicas de interesse. Os mapas foram digitalizados em Microstation e posteriormente convertidos para o AutoCAD;
4. Cartas de Risco na escala 1:2.000 das áreas de favelas da zona sul e da zona central do Rio de Janeiro (1998). A metodologia adotada para a produção destas cartas, considerou a ocorrência de processos anteriores como fonte e base para a definição das áreas de risco de novos escorregamentos, tendo de antemão organizado um inventário completo dos escorregamentos na cidade. Com base nos laudos de acidentes pretéritos, os trabalhos de campo foram direcionados para identificar áreas com as mesmas feições potenciais daquelas já atingidas;

5. Mais recentemente, produziu-se Cartas de Risco Quantitativo a Escorregamentos sobre bases cartográficas digitais e/ou fotos aéreas verticais e oblíquas também digitais, com escala bastante variável, uma vez que a boa resolução das fotos permitia maior detalhamento. Para elaboração destas cartas, desenvolveu-se uma metodologia própria.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT

Dr. Carlos Geraldo Luz de Freitas

As Cartas Geotécnicas têm por finalidade apresentar informações (atributos, parâmetros e processos) do meio físico (GEO), para subsidiar intervenções ou soluções de problemas (TÉCNICAS) relacionadas às diferentes formas de uso e ocupação do solo. Nesse sentido, existem múltiplas finalidades e, portanto, estão vinculadas a diferentes metodologias específicas para sua elaboração.

De maneira geral, a cartografia é desenvolvida fundamentada na caracterização e análise dos principais processos do meio físico e suas alterações pelas atividades antrópicas estabelecidas pelo processo tecnológico, o qual corresponde ao objetivo específico de cada Carta Geotécnica. Tais alterações podem ser traduzidas pelas variações nos atributos do meio, que condicionam os processos (declividade do terreno, cobertura vegetal, tipo de solo, drenagem, ocupação do entorno, entre outros). A delimitação desses atributos resultará nas unidades geotécnicas e permitirá apresentar diretrizes, inerentes à especificidade da forma de ocupação objeto da cartografia.

O levantamento dos dados é feito direcionado à busca de informações realmente necessárias para responder às questões de caracterização e análise dos processos estabelecidos, correspondendo à compilação de informações disponíveis, seu reconhecimento de campo e mapeamentos e ensaios complementares. Além disso, utiliza-se de tecnologias de geoprocessamento.

As finalidades das Cartas Geotécnicas podem ser agrupadas tomando-se por base as cartografias comumente encontradas na literatura corrente, internacional e nacional, e os campos de aplicação da Geologia de Engenharia (construção de obras civis, atividades minerárias, análise das condições de risco, estudos de impacto ambiental, gestão dos recursos hídricos, gestão de resíduos sólidos e planejamento territorial). Essa cartografia deve estar sempre comprometida com uma intervenção ou solução. Trata-se, portanto, de um produto que extrapola a condição pura e simples de apresentação de dados geotécnicos, mas que deve mostrar tais dados elaborados de modo a permitir sua utilização em questões postas, relativas ao uso do solo.

A cartografia deve subsidiar ações e metas de desenvolvimento de uma região, apontando-se algumas de suas aplicações mais comuns: avaliação de situações de risco; escolha de áreas para expansão urbana e implantação de loteamentos; planejamento para ampliação de sistemas viários (rodovias, ferrovias, hidrovias, dutovias) e infra-estruturas correspondentes (terminais rodoviários, estações ferroviárias, portos, aeroportos, entrepostos etc.); implementação de obras; saneamento básico (rede e estação de tratamento de água e esgoto, aterro sanitário, usina de triagem e compostagem); escolha de áreas alternativas para construção de barragens para usinas hidrelétricas e/ou abastecimento e planejamento da ocupação do entorno; criação de espaços territoriais especialmente protegidos por lei (unidades de conservação, espaços particulares de proteção integral, espaços de manejo provisório e espaços de manejo sustentável); escolha de áreas para distrito industrial; planejamento de atividades minerárias; construção de canais e retificação de cursos d'água; planejamento do desenvolvimento rural, com infra-estrutura e implantação de áreas irrigáveis; correção de situações decorrentes de evoluções ocupacionais não-planejadas; informações dirigidas ao gerenciamento, aproveitamento múltiplo e controle de bacias hidrográficas; elaboração de planos diretores e estabelecimento de bases técnicas para a legislação municipal, estadual e federal.

Embasados nessas premissas metodológicas, os procedimentos se apresentam conforme ilustrado no fluxograma da Figura 7.

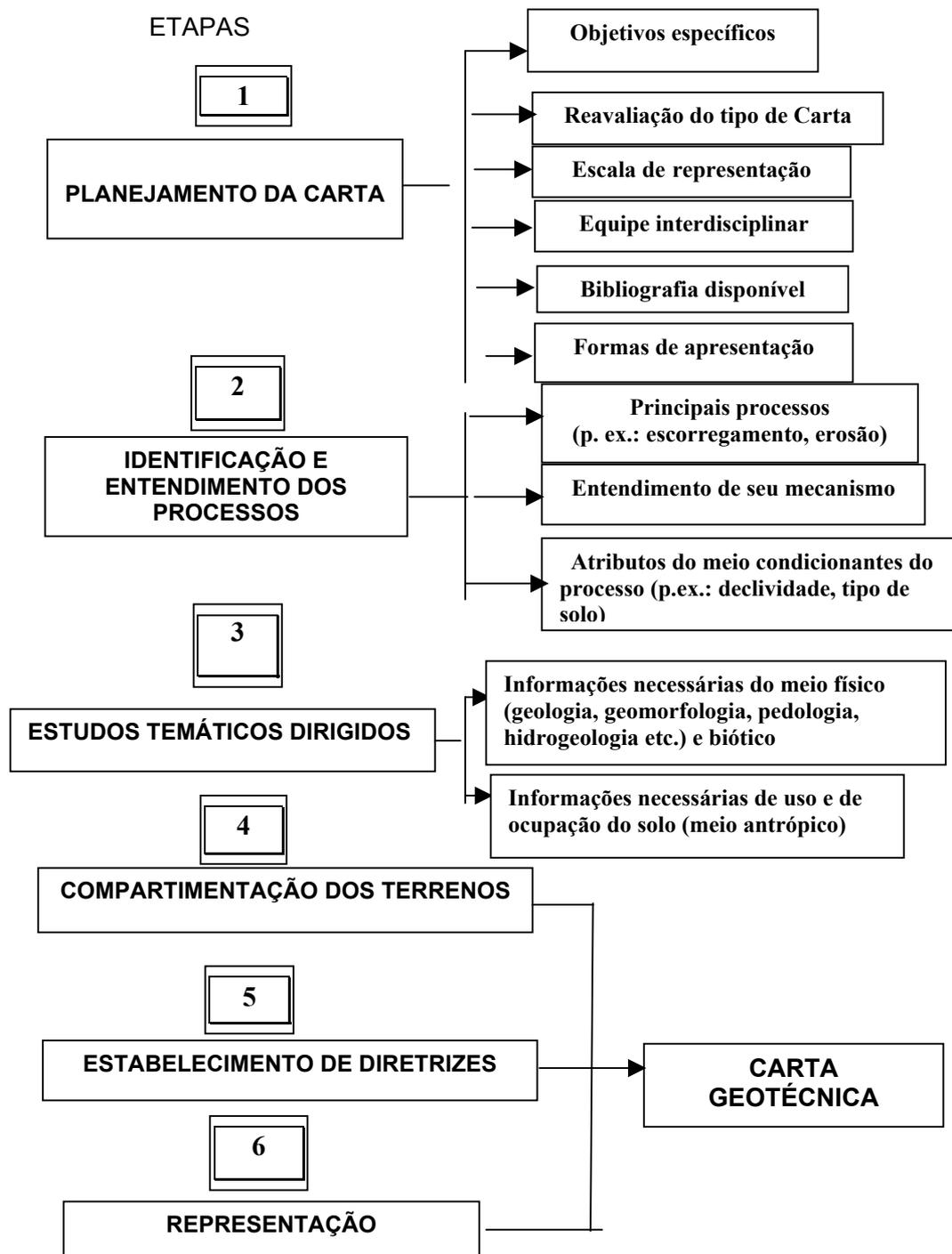


Figura 7 - Procedimentos metodológicos

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS/UNESP

Prof. Dr. José Augusto de Lollo

Os trabalhos de cartografia geotécnica produzidos na FEIS podem ser assim sintetizados:

(a) as atividades se iniciaram com a conjugação entre a Proposta Metodológica de Zuquette (1987) e a Metodologia PUCE (Grant, 1975a e 1975b) e evoluíram para a associação da Proposta Metodológica de Zuquette (1987) com a Sistemática de Lollo (1996);

(b) as principais linhas de trabalho têm se concentrado em avaliação de impactos, análise de susceptibilidade e avaliação de riscos em áreas urbanas, com especial enfoque nos condicionantes naturais associados à evolução do modelado;

(c) os recursos tecnológicos são os tradicionais (sensoriamento remoto e representação espacial via computador), somente a partir de 2.003, passou-se a utilizar geoprocessamento e SIG (trabalhos em andamento);

(d) os resultados têm sido cartas de atributos do meio físico e cartas temáticas, voltadas à avaliação de processos de dinâmica superficial (especialmente erosão e degradação do solo em áreas urbanas e rurais);

(e) os resultados têm sido aplicados de forma muito limitada (apenas quando se consegue convencer o poder público) como ponto de partida para investigações mais detalhadas em outras áreas a serem ocupadas.

Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP

Prof. Dr. Osni José Pejon e Prof. Dr. Lázaro Valentin Zuquette

O Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos iniciou seu programa de mestrado em 1977, contemplando desde o princípio a linha de pesquisa em Cartografia Geotécnica. Em 1981 foi produzida a primeira dissertação do departamento, sendo justamente sobre o tema, com o título “Mapeamento Geotécnico Preliminar da Região de São Carlos” (Zuquette, 1981), sob orientação do Prof. Nilson Gandolfi. Os trabalhos iniciais seguiam as propostas metodológicas internacionais, principalmente da IAEG (1976). Em 1987 foi apresentada uma metodologia adaptada às condições brasileiras (Zuquette, 1987) que subsidiou a maioria dos trabalhos realizados desde então no Departamento. Nos anos seguintes esta linha de pesquisa ganhou importância e, principalmente com a participação no programa PADCT do CNPq a partir do final de década de 80, desenvolveu-se rapidamente. Em três fases deste projeto foram mapeados mais de 20.000 km² só no Estado de São Paulo, em escalas desde 1:100.000 até 1:25.000.

Os trabalhos realizados contemplam a execução de mapas básicos e cartas interpretativas, de suscetibilidade, zoneamento e risco. A partir da década de 90 incorporou-se em boa parte dos trabalhos o uso do geoprocessamento, fazendo uso intensivo de imagens de satélite e processamento digital de imagens em ambientes de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Estas ferramentas tornaram-se particularmente importantes com o desenvolvimento da Cartografia Geoambiental, também a partir da década de 90, dado a grande quantidade de informações a serem armazenadas e tratadas nestes estudos.

O Departamento de Geotecnia, condizente com a proposta metodológica de cartografia que vem desenvolvendo, teve sempre a preocupação em seus trabalhos com o uso de informações qualitativas e quantitativas lastreadas na execução de ensaios geotécnicos. Assim, recentemente o desenvolvimento de bancos de dados digitais, associados aos mapas e cartas tem sido uma tônica fundamental. Estes trabalhos vem em decorrência das novas linhas de pesquisa implementadas que envolvem o desenvolvimento de sistemas de suporte a decisão e que permitem uma maior interação entre o produto cartográfico e o usuário. Mais recentemente, têm sido desenvolvidos estudos de geoindicadores ambientais, no âmbito da Geotecnia, que possam refletir e indicar mudanças no ambiente de importância para a ocupação e que possam ser registrados em mapas e cartas.

O conjunto da produção do Departamento de Geotecnia na área de cartografia é hoje bastante expressivo, compreendendo 64 dissertações de mestrado, 17 teses de doutorado e 259 artigos publicados em revistas, congressos e simpósios. Todo este trabalho conduziu a um aprimoramento da metodologia inicialmente proposta por Zuquette (1987), resultando no que hoje vem sendo denominada de metodologia da EESC/USP.

Instituto Geológico - IG-SMA/SP

MSc. Lidia Keiko Tominaga e Dr. Ricardo Vedovello

Em 1987, o Instituto Geológico (IG-SMA) inicia o “Programa de Cartas Geológicas e Geotécnicas para o Planejamento Ambiental na Região de Sorocaba/Campinas”, visando fornecer subsídios do meio físico ao planejamento territorial dos municípios da região. São desta fase os projetos Sorocaba (87/89), Itu (89/90) e Campinas (92/93), na escala 1:50.000. Estes projetos consistiram de estudos integrados envolvendo as áreas de geotecnia, mapeamento geológico, geomorfologia, hidrogeologia e recursos minerais. A metodologia utilizada para a elaboração das cartas geológico-geotécnicas, baseou-se nas “unidades homogêneas” (Sorocaba e Itu) e nos “tipos de terrenos” (Campinas) estabelecidos em função do relevo, litologia, material inconsolidado, geotecnia e processos morfodinâmicos.

Nesta mesma linha, desenvolveu-se também o Projeto Bacia do Rio Piracicaba (porção média) (94-96) envolvendo oito municípios da Região Metropolitana de Campinas. Produziu-se, neste projeto, além de outros mapas temáticos, um mapa síntese de diagnóstico do meio físico, onde se representou as unidades geotécnicas resultantes da análise integrada do relevo, litologia, materiais inconsolidados e fragilidades do terreno, e as aptidões mais destacadas (potencial mineral, potencial de água subterrânea, áreas para disposição de resíduos sólidos etc.). Em decorrência deste projeto, houve muitas solicitações dos municípios da região para assessorias e estudos específicos com diversas finalidades, tais como, definição de áreas para disposição de resíduos sólidos, diretrizes para legislação ambiental, medidas mitigadoras para áreas degradadas por erosão e diagnóstico ambiental para implementação de planos diretores municipais.

Em paralelo, neste mesmo período o IG desenvolveu outras ações voltadas aos problemas relacionados à ocupação das áreas instáveis situadas nas encostas da Serra do Mar, na região litorânea do estado de São Paulo. Iniciado pelo Projeto “Instabilidade da Serra do Mar – Situações de Risco”, realizou, em parceria com o IPT, as Cartas Geotécnicas dos municípios de Guarujá (89) e Ubatuba (92). Estas cartas geotécnicas (escala 1:20.000) tiveram como elemento integrador as “Unidades Homogêneas”, definidas com base nas características do meio físico, uso e ocupação do solo, dos problemas existentes/esperados e da aptidão do terreno.

Posteriormente, o IG desenvolveu, em parceria com a Prefeitura Municipal de São Sebastião, a “Carta de Risco a Movimentos de Massa e Inundação do Município de São Sebastião” com escalas de 1:50.000 e 1:10.000 (94/96). A metodologia adotada foi a de compartimentação fisiográfica (Vedovello, 1993) a partir da análise de imagem de satélite (Landsat-5) e caracterização geoambiental por meio de levantamentos de campo. Essa metodologia pressupõe a obtenção de Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs (Vedovello, 2000), os quais constituem células básicas para as avaliações geotécnicas e geoambientais e são compatíveis com a utilização sistemática de recursos de geoprocessamento e de Sensoriamento Remoto.

As cartas têm sido produzidas em formato digital e ambiente computacional, com os resultados sendo aplicados em diversos instrumentos de políticas públicas, tais como: elaboração de planos diretores municipais, Zoneamento Ecológico-Econômico, Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro e em ações de licenciamento ambiental, fiscalização e de defesa civil.

No final da década de 90, o IG passa a incorporar, de forma mais sistemática, os recursos de geoprocessamento nos projetos de pesquisa e cartografia geotécnica, evoluindo-se para o desenvolvimento de Sistemas Gerenciadores de Informações Geoambientais – SGIG (Vedovello et al., 2002). Esses SGIGs, são baseados na utilização de tecnologia dos SIGs, e são aplicados tanto na etapa de análise e elaboração da cartografia geotécnica, como na etapa de disponibilização e consulta para os usuários.

Nesta linha, desenvolveu-se o projeto de Seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos na Região Metropolitana de Campinas (IG/SMA, 1999; Brollo, 2001) e, encontram-se em desenvolvimento outros três projetos: “Sistema Integrador de Informações Geoambientais do Litoral do Estado de São Paulo, aplicado ao

Gerenciamento Costeiro – SIIGAL” (Souza *et al.*, 2001); “Avaliação da suscetibilidade de terrenos a perigos de instabilidade e poluição na Região Metropolitana de Campinas, SP” (Silva *et al.*, 2003); “Diretrizes para a Regeneração Sócio-Ambiental de Áreas Degradadas por Mineração de Saibro, Ubatuba, SP” (Ferreira, 2004).

Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL)

Prof. Dr. Rafael Reis Higashi

O mapeamento geotécnico de grandes áreas na UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina iniciou no ano de 2000. Para tal, eram utilizadas cartas em meio físico, posteriormente escaneadas e vetorizadas em CAD. O cruzamento entre mapas utiliza-se da metodologia de Davison Dias (1987), sobrepondo mapas litológicos aos pedológicos. Para a geração do mapa geotécnico, são levados em conta também dados relativos a geomorfologia e curvas de nível. Os estudos são complementados com ensaios geotécnicos de campo e laboratório. Nos trabalhos em laboratório, em cada unidade geotécnica criada, são coletadas amostras de solos, consideradas as mais representativas do local. Os ensaios de campo (apenas sondagens SPT), são coletados para a verificação das profundidades dos horizontes, resistência à penetração do amostrador padrão e posição do nível d'água. Todas as informações são catalogadas em um banco de dados em meio físico.

Esta linha de atuação tem sido seguida por estes dois anos, sendo complementada atualmente pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Aos mapas georreferenciados é indexado o banco de dados constituído por tabelas eletrônicas contendo informações alfanuméricas, gráficos de ensaios e fotos de perfis típicos de solos. Estes mapeamentos contam com quase todas as potencialidades dos SIGs em formular modelos digitais do terreno, locações georreferenciadas de pontos de amostragem e modelos de declividades. Atualmente, verifica-se a possibilidade da utilização de ferramentas de geoestatística para uma melhor extrapolação de resultados geotécnicos nas unidades.

Os mapas geotécnicos gerados estão sendo utilizados principalmente no estudo de bacias hidrográficas, no auxílio à formulação de Planos Diretores e em Estudos de Impactos Ambientais e Relatórios de Impactos ao Meio-Ambiente (EIA-RIMA). As bacias hidrográficas são avaliadas em ambiente SIG, onde são realizados ensaios em cada unidade geotécnica a fim de se obter informações referentes ao potencial erosivo, resistência ao cisalhamento e compressibilidade do solo. Na revisão e criação de Planos Diretores (Tubarão e São José), os mapas geotécnicos auxiliam a previsão e ordenação da expansão dos centros urbanos para áreas mais aptas à ocupação. Nos EIA-RIMA apenas pequenas áreas são analisadas através dos mapas geotécnicos, sendo caracterizadas a potencialidade de cada unidade de solo à erosão e à infiltração.

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Prof. Dr. Reinaldo Lorandi

O curso de Engenharia Civil da UFSCar foi implantado dentro de propostas inovadoras em relação ao atual ensino de Engenharia Civil no Brasil, tendo recebido sua primeira turma de alunos em meados de 1978. A proposta do curso baseia-se na formação dos alunos com opção em duas ênfases: Engenharia Urbana e Sistemas Construtivos.

Em 1994, ocorreu a implantação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (Mestrado, nível 4 - CAPES), recomendado pela CAPES em 1995. Em 2001, foi também recomendado pela Capes o Programa de Pós-Graduação em Construção Civil (Mestrado, nível 3 - CAPES), com área de concentração em Sistemas Construtivos de Edificações.

A Ênfase em Engenharia Urbana caracteriza-se por integrar áreas tradicionais da Engenharia Civil, como Transporte, Geotecnia, Saneamento e Meio Ambiente, entre si e com Urbanismo, procurando acompanhar o avanço tecnológico e incorporando novas técnicas e procedimentos operacionais de Planejamento, Concepção e Produção. Nesse contexto, a estrutura da Ênfase em Engenharia Urbana adota práticas de ensino, pesquisa e extensão que incorporam conteúdos e elementos referenciais de análise sobre a Engenharia e Tecnologia Urbana, associadas à Arquitetura e Desenho Urbano, aos objetos espaciais construídos e, em última instância, ao controle da qualidade ambiental das cidades e territórios. A política de pesquisa idealizada para a Ênfase em Engenharia Urbana, que já vem sendo desenvolvida, tanto ao nível da graduação, como de Pós-Graduação, engloba três grandes linhas de pesquisa, que integram os conhecimentos específicos das quatro áreas básicas, dentre as quais

destaca-se a de *Geoprocessamento e Mapeamento Geotécnico* que fornece suporte ao desenvolvimento das linhas anteriores, em termos de manipulação e análise de informações.

Parte das atividades de pesquisa dessa linha são desenvolvidas por pesquisadores do Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico (CNPq/UFSCar), sendo atualmente composta pelos professores doutores Reinaldo Lorandi (DECiv/UFSCar, líder de grupo); Adail Ricardo Leister Gonçalves (DECiv/UFSCar); Roberto Feres (DC/UFAC); Cláudio Jorge Cançado (UEMG/*Campus* Divinópolis) e Maria Eugênia Bruck de Moraes (UEBA, *Campus* Ilhéus).

As orientações de mestrado efetuadas pelos componentes do grupo são desenvolvidas nas instituições de origem e de doutorado, orientadas pelo Prof. Dr. Reinaldo Lorandi, junto ao Programa Pós-Graduação de Ecologia e Recursos Naturais (nível 5 – CAPES). O grupo de pesquisadores tem colaborado com a produção científica nacional, através de publicações em revistas nacionais (Revista Geociências; Revista Geografia; Revista Brasileira de Cartografia); em revista internacional (Geotecnia-Portugal) e congressos nacionais e internacionais (Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental; Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental; Simpósio Brasileiro de Controle de Erosão; Congresso Brasileiro de Cartografia; Simpósio Brasileiro de Geomorfologia; Congresso Nacional de Geotecnia/Portugal; International Association on Engineering Geology and Environment).

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Universidade do Sul de Santa Catarina

Profa. Dra. Regina Davison Dias

A cartografia geotécnica iniciou na UFRGS com o objetivo de separar os diferentes universos de solos existentes no Brasil. O uso das técnicas tradicionais de mecânica dos solos, referindo-se a apenas dois tipos de materiais: areias e argilas, eram dificultadas quando aplicados aos solos tropicais e subtropicais. O trabalho iniciou em 1985 pelos solos laterizados do norte do Brasil oriundos de basalto e arenito. Estes solos como apresentavam o substrato rochoso a grandes profundidades, verificou-se que o uso da pedologia tornava mais fácil a separação dos universos. Na mesma época o estudo foi direcionado para fundações de torres de transmissão de energia elétrica. Nestas, como o principal esforço é a tração, os solos superficiais são os mais solicitados. Novamente o uso da pedologia foi eficaz. Entretanto verificou-se uma influência do substrato no comportamento geomecânico destes solos. Esta influência foi reforçada quando iniciou-se o estudo dos solos da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA).

A RMPA apresenta vários tipos de rochas, como granito, complexo granito gnáissico (migmatito), rochas sedimentares (argilito, siltito, arenito lacustre e fluvial, arenito eólico), basalto, perfis de solos sedimentares como argilas moles tradicionais, argilas com pré-adensamento químico, e outros. Nesta região há uma grande ocorrência de solos residuais do material antes citado, além de perfis com diferentes processos pedogenéticos. A solicitante, então, passou a orientar dissertações que estudassem as diferentes unidades de solos. Verificou-se que era importante realizar um cruzamento da pedologia e geologia para melhor caracterizar os universos geotécnicos. Nesta definição foi desenvolvida a metodologia de mapeamento geotécnico que está sendo usada, com êxito, desde 1987. Solos com mesma unidade geotécnica e mesmo horizonte tem comportamento similar, alguns mais homogêneos outros menos, dependo da pedogênese e do material de origem. Em cada universo estudado são feitos, em locais típicos, ensaios de caracterização, compressibilidade, colapsividade e resistência ao cisalhamento. São também coletadas sondagens SPT destes perfis típicos

A metodologia tem também por finalidade organizar e enquadrar os resultados de ensaios de laboratório e de campo num banco de dados espacial usando o Sistema de Informação Geográfica *Arc View*. Desta maneira torna-se mais fácil o repasse deste conhecimento geotécnico importante para as várias aplicações em engenharia, arquitetura, saneamento e meio ambiente. O trabalho foi desenvolvido em várias dissertações de mestrado desde as pioneiras como a de Wai Gehling no planalto do RS e Mirta Gonzalez, para Manaus. Posteriormente importantes dissertações foram desenvolvidas por Cezar Bastos, Rinaldo Pinheiro Barbosa e Ricardo Orlandini, entre outras. Nestas trabalharam vários bolsistas de iniciação científica e aperfeiçoamento. Foram também desenvolvidos trabalhos junto com a CPRM. Trabalhos como as teses de Valente e Cezar Bastos também foram importantes para o conhecimento geotécnico do Rio Grande do Sul.

Desde 1995 a pesquisa está também sendo feita em Santa Catarina, na UFSC e na UNISUL. As dissertações de Glaci Trevisan Santos, Edgar Abitante, Cezario Lima, Sandra Buzzini, Romualdo França, Clebson, a tese de doutorado de Glaci Santos, e os vários bolsistas de iniciação científica, trabalhos de tcc, contribuíram para o estado de conhecimento do subsolo de Santa Catarina visando aplicações geotécnicas.. Rafael Higashi e Daniel Dassoler da Silva trabalharam nas suas dissertações sobre os solos do Rio Grande do Sul e usando SIG.

Na UNISUL foram também desenvolvidos trabalhos de mapeamento e sistema de informação geotécnico da Bacia do Cubatão Sul, do Município de Palhoça e outras aplicações do Complexo Granito Gnáissico que apresenta grandes extensões na Grande Florianópolis.

Atualmente as seguintes regiões do Sul do Brasil já estão no SIG ArcView: Florianópolis, Grande Florianópolis, Norte do RS, Região Metropolitana de POA, Novo Hamburgo, Joinville, Bacia do Rio Cubatão Sul. Com escalas maiores tem-se a região da Lagoa da Conceição e Bacia do Itacorubi, em Florianópolis e Tubarão. Praticamente todos contem resultados de sondagens em locais típicos, e vários resultados de ensaios. Verifica-se que o comportamento dos solos é similar, quando enquadrado em mesma unidade geotécnica. Através de expedições de campo feitas pelo Brasil verifica-se que universos similares apresentam comportamento mecânico e hidráulico semelhante, quando aplicado nas obras de engenharia, desde fundações, estradas, encostas, entre outros.

Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Departamento de Gestão Territorial
MSc. Cássio Roberto da Silva

No final da década de 80 e início da década de 90 a CPRM - Serviço Geológico do Brasil, iniciou um programa voltado à disponibilização de informações básicas para a gestão territorial, dentro de um conceito de desenvolvimento sustentável. Na década de 90 foram desenvolvidos os projetos SINGRE (Recife), SINFOR (Fortaleza), VIDA (Belo Horizonte), Curitiba, Morro do Chapéu e Porto Seguro/Sta. Cruz Cabrália (Bahia), PROTEGER (Porto Alegre), PROGESC (Criciúma) e LINORS (Litoral Norte do Rio Grande do Sul). Na sua grande maioria estes projetos produziram mapas temáticos sobre áreas de risco geológico, áreas inundáveis, seleção de áreas para localização de aterros sanitários, fontes de poluição, mapas hidrogeológicos e mapas, morfológicos, visando fornecer informações do meio físico para subsidiar os planos diretores metropolitanos e municipais. Os trabalhos de campo e escritório foram desenvolvidos por equipes técnicas multidisciplinares constituídas por profissionais da CPRM e instituições conveniadas. A elaboração dos mapas e seus cruzamento seguiram, em linhas gerais, as propostas metodológicas de Zuquete (1987). Os produtos foram disponibilizados em forma analógica e digital. As informações obtidas, na maioria das vezes foram incorporadas aos planos diretores municipais e metropolitanos das regiões estudadas.

No final da década de 90, buscando atender a uma crescente demanda, novas linhas de produtos foram desenvolvidas pela SGB/CPRM visando o fornecimento de informações básicas para a gestão do território nacional. Dentro deste contexto foram desenvolvidos os Mapas Geoambientais e os mapas ligados ao Zoneamento Ecológico Econômico. Os Mapas Geoambientais foram idealizados para sintetizarem, em uma única carta, informações básicas para o uso e ocupação adequada do solo. Estes mapas são desenvolvidos utilizando-se as equipes técnicas do SGB/CPRM. Foram reunidas e compatibilizadas informações obtidas através dos mapas geológicos, hidrológicos, morfológicos, solos, cobertura vegetal, uso atual do solo, geoquímica, em escalas de 1:100.000 a 1:250.000. Estes mapas estão sendo executados principalmente na região centro-oeste, sudeste e sul do país com a finalidade de apoiar a elaboração de Planos Diretores de Bacias Hidrográficas, como é o caso do Projeto Pró-Guaíba na Bacia Hidrográfica do Guaíba no estado do Rio Grande do Sul, Bacias Mogi/Pardo no estado de São Paulo e o Planos Diretores de Desenvolvimento de Regiões Metropolitanas, como é o caso do Projeto ZEE-RIDE, no Distrito Federal e entorno. A elaboração destes mapas tem por base a análise de imagens de satélite, foto-aéreas, mapas geológicos, geomorfológicos, vegetação e pedológicos, visando à identificação de zonas homólogas, que em síntese são áreas que possuem uma mesma resposta ambiental em relação à ação antrópica. Baseado nestas características são analisadas as potencialidades e fragilidades e sugeridas as restrições de uso e ocupação do solo. Em linhas gerais a metodologia utilizada e a empregada por Tricart e modificada por Soares, Theodorovicz e Trainini.

Estes mapas estão sendo bastante usados na gestão de bacias hidrográficas e planos diretores, pois além de sintetizarem em um só mapa uma série de parâmetros do meio físico e indicar as restrições de uso das diferentes unidades cartografadas, são disponibilizados em uma linguagem acessível aos planejadores. Nos últimos cinco anos os estudos realizados estão sendo empregados os recursos de Sistema de Informações Geográficas. Na região norte do país está sendo realizado diversos projetos de Zoneamento Ecológico Econômico, que incorporam parâmetros geoambientais. Estes estudos, através da integração de diferentes temas tais como geologia, geomorfologia, solo, vegetação, sócio-economia, avalia a suscetibilidade do ambiente a diferentes ações antrópicas, tornando-se, desta maneira, um instrumento útil na definição de macro políticas de gestão do território nacional. Os trabalhos são realizados utilizando-se equipes multidisciplinares e mult institucionais, e são normalmente de caráter regional. Geralmente são realizados na escala 1:250.000 à 1:1.000.000. A metodologia empregada é a desenvolvida por MMA/SDS, 2001, que trata de cruzamentos de cartas temáticas, utilizando os recursos do Sistema de Informações Geográficas, e resultando em uma carta síntese, de fácil entendimento para os planejadores.

Universidade de Brasília (UnB)

Prof. Dr. Newton Moreira de Souza

Os trabalhos de Cartografia Geotécnica, na Universidade de Brasília – UnB, tiveram início em 1991 com estudos voltados à inserção das técnicas de geoprocessamento nos procedimentos da cartografia geotécnica convencional. As áreas de estudo escolhidas para o desenvolvimento prático das pesquisas foram aquelas relevantes para o entendimento das condições geotécnicas do Distrito Federal e de alguns municípios que apresentaram condições para a sua realização.

Para o estudo do Distrito Federal, num primeiro momento, foram desenvolvidas duas vertentes para os trabalhos: a primeira onde foram selecionadas algumas áreas chaves para o mapeamento em escala média (1:50.000 e 1:25.000); e uma segunda objetivando o conhecimento das características e distribuição dos materiais naturais de construção.

Os primeiros trabalhos regionais, na escala 1:100.000, começam a ser concluídos em 1997 com o zoneamento geotécnico geral realizado com apoio do PADCT/MCT e se seguiram outros voltados inicialmente para a identificação e caracterização dos materiais naturais de construção, incorporando em um segundo momento as questões relacionadas a gestão desses materiais, desenvolvendo pesquisa para efetivação da cartografia geotécnica como ferramenta de suporte a gestão dos recursos naturais.

Nas áreas municipais foram realizados trabalhos de zoneamento geotécnico voltados para o planejamento municipal e urbano e que de forma geral procuraram identificar quais as principais características dos componentes do meio físico bem como as potencialidades e os principais problemas geotécnicos existentes tanto no que diz respeito às condições para o desenvolvimento urbano em harmonia com o meio ambiente quanto para o aproveitamento racional dos recursos naturais.

Para dar suporte a validação, na elaboração destes modelos de cartografia geotécnica, têm sido realizados trabalhos de laboratório para a caracterização do comportamento geotécnico dos solos frente às diversas solicitações que esses modelos exigem. Com especial atenção à caracterização de materiais para a pavimentação e no transporte de contaminantes.

Nos últimos anos a pesquisa tem se concentrado em quatro grandes linhas de trabalho: a primeira voltada para o entendimento dos processos erosivos no Centro Oeste visando a orientação para projetos de implantação, manutenção e recuperação de rodovias, o controle e recuperação de áreas degradadas e o assoreamento de reservatórios; a segunda voltada a identificação do transporte de contaminantes em solos tropicais visando principalmente a avaliação de riscos associados aos depósitos de resíduos sólidos e ao armazenamento de hidrocarbonetos; a terceira voltada à cartografia urbana de detalhe incluindo o uso de dados de sondagens e avaliações morfométricas e uma quarta linha voltada ao desenvolvimento da cartografia geotécnica e geoambiental para operar como efetiva técnica de suporte a decisão.

Todos os trabalhos têm procurado incorporar tecnologia de geoprocessamento principalmente no que diz

respeito à estruturação de bancos de dados georreferenciados, utilização de produtos de sensoriamento remoto e no desenvolvimento de modelos de análise espacial.

4. CONCLUSÕES

A análise realizada mostra que a Cartografia Geotécnica no Brasil apresenta-se consolidada, com várias instituições produzindo informações a mais de dez anos. No entanto, observa-se ainda uma variedade de metodologias e enfoques que necessitam ser melhor discutidos e analisados. Outro aspecto observado é que a grande maioria dos trabalhos é produzida por instituições públicas e que estão concentradas na região Sudeste e Sul do País. Percebe-se uma preocupação grande de quem produz a informação em torná-la útil e acessível aos usuários potenciais. Nos relatos recebidos, constata-se também que nos últimos anos, as aplicações dos trabalhos de cartografia geotécnica e geoambiental, vêm apresentando um incremento tanto em quantidade como em diversidade de enfoques. Alguns temas foram particularmente citados nos cadastros e relatos apresentados pelas instituições, tais como planos diretores, gerenciamento costeiro, zoneamento ecológico-econômico, disposição de resíduos, planejamento regional, entre outros. No entanto considera-se necessário um levantamento mais amplo que contemple os usuários destes documentos para saber a sua real utilização.

Verificou-se também que a Cartografia Geoambiental, de desenvolvimento mais recente no Brasil, começa a ganhar importância e seu desenvolvimento metodológico vem se aprimorando, com várias instituições produzindo documentos de zoneamento geoambiental. Estes trabalhos passaram a usar predominantemente as bacias hidrográficas como unidade de mapeamento e têm tido aplicação intensa nos estudos ambientais de caráter mais amplo.

Considera-se que levantamentos como o que aqui se apresenta são de fundamental importância para o melhor entendimento e aprimoramento da Cartografia Geotécnica e Geoambiental no Brasil. O material recolhido pela CTCG deverá ser analisado em maior detalhe e novas informações, principalmente quanto à utilização das cartas e mapas produzidos, deverão ser incorporados para que se tenha um diagnóstico mais detalhado e completo. Os resultados desta análise mais detalhada deverão ser objeto de uma publicação específica e também discutidos em um evento especialmente programado para discussão de aspectos metodológicos, de terminologia, de aplicação e uso da Cartografia Geotécnica e Geoambiental.

5. AGRADECIMENTOS

A CTCG agradece as pessoas e instituições que colaboraram com o levantamento das informações e efetuaram os cadastros junto a esta comissão, bem como a todos que colaboram com sugestões, discussões e auxílio na organização dos dados. Agradece também aos colegas Renivaldo Teixeira Campos e Sandro Aparecido Magro, que receberam e organizaram as informações na ABGE e aos estagiários do IG Cássio H. Kondo Nakazone e Mário Fioraneli Neto, pelo auxílio na elaboração do banco de dados.

6. REFERÊNCIAS

- Brollo, M.J. (2001) Metodologia automatizada para seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos. Aplicação na Região Metropolitana de Campinas (SP). São Paulo, SP. 2001. Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da USP.
- Ferreira, C. J. - coord. (2004) Diretrizes para a Regeneração Sócio-Ambiental de Áreas Degradadas por Mineração de Saibro, Ubatuba, SP. Relatório Científico da Fase I (FAPESP – 2003/07182-5), agosto/2004.
- Habelehner, H. 1966-Princípios de mapeamento geotécnico. In: Cong, Bras. Geo-XX -Anais SBG p.37-39 (Boletim 01)
- Heine, U.H.H. (1966) Levantamento geotécnico do Estado da Guanabara. In: Cong, Bras, Geol. XX Vitória -ES p.41 (Boletim 01)
- IAEG (1976) Engineering Geological Maps. A guide to their preparation. The Unesco Press-Paris.
- INSTITUTO GEOLÓGICO-IG/SMA (1999) Metodologia para seleção de áreas para tratamento e disposição final de resíduos sólidos. Relatório Técnico, São Paulo, SP. Instituto Geológico, 1999. 98p.
- Prandini, F.L. *et al.* (1995) Cartas Geotécnicas nos planos diretores regionais e municipais. In: Bitar, O. Y. *Curso de Geologia de Engenharia aplicada ao meio ambiente*. São Paulo: ABGE
- Silva PCF, Fernandes AJ, Ferreira CJ, Cripps JC, Tominaga LK, Iritani MA, Brollo MJ, Vedovello R. 2003. Avaliação à susceptibilidade de terrenos a perigos de instabilidade e poluição das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Campinas. Instituto Geológico/Universidade de Sheffield. Em CD-ROM.

- Souza, C.R. G.; Vedovello, R.; Brollo, M.J.; Tominaga, L.K.; Santoro, J. & Holl, M.C. (2001) A cartografia geotécnica no sistema integrador de informações geoambientais para a zona costeira de São Paulo (Projeto SIIGAL). In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, IV, Brasília (DF), 02-05/setembro/2001. ABGE. (trabalho completo: CD-ROM).
- Vedovello, R. (2000) Zoneamentos Geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação - UBCs. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, IGCE/UNESP, Rio Claro, 154p., 2000.
- Vedovello, R. (1993) Zoneamento geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico - aplicação em expansão urbana. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, 88p.
- Vedovello, R.; Riedel, P.S.; Brollo, M.J.; Hamburger, D.S.; Camargo, A.A.X. de. (2002) Modelagem e arquitetura de um sistema Gerenciador de Informações Geoambientais (SGIG) como produto de avaliações geológico-geotécnicas. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 10, Ouro Preto, 2002. Anais (em CD-ROM)... ABGE, São Paulo.
- Zuquette, L.V. (1987) Mapeamento Geotécnico Preliminar da região de São Carlos. Dissertação de Mestrado. EESC/USP.