

CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA: ESTÁGIO ATUAL DO CONHECIMENTO

Gustavo Barreto Franco
gustavopraia@yahoo.com.br

Eduardo Antonio Gomes Marques
emarques@ufv.br

Maria Lucia Calijuri
calijuri@ufv.br

Ronaldo Lima Gomes
rlgomes@uesc.br

RESUMO

A cartografia geotécnica, nos últimos anos, tem tornado-se uma ferramenta importante para profissionais que atuam em temas relacionados ao planejamento urbano e regional. Com o objetivo de divulgar e reconhecer a potencialidade de utilização da cartografia geotécnica digital, por diferentes áreas do conhecimento, realizou-se uma revisão bibliográfica referente à sua origem, conceito, utilização, e por fim as características de um mapeamento geotécnico e as principais metodologias empregadas.

Palavras-chave: cartografia geotécnica; mapeamento geotécnico; planejamento urbano.

GEOTECHNICAL CARTOGRAPHY: ACTUAL STATE KNOWLEDGE

ABSTRACT

In the last years the geotechnical mapping is becoming an important tool for professionals that work on issues related to urban and regional planning. With the purpose of promoting and recognizing the potentiality of the geotechnical digital mapping use through different areas of knowledge, a literature review was accomplished regarding its origin, concept, use, and at last the characteristics of a geotechnical mapping and the main applied methods.

Keywords: geotechnical cartography; geotechnical mapping; urban planning.

INTRODUÇÃO

A crescente expansão do uso da cartografia geotécnica e do seu reconhecimento como ferramenta de contribuição aos diversos ramos da ciência, a exemplo das áreas de ciências da terra e das engenharias, tem levado ao seu emprego desde o planejamento de obras até o de diagnóstico do meio físico.

Pelo exposto este estudo teve como objetivo realizar uma avaliação do estado da arte sobre cartografia geotécnica, de modo a contribuir para a divulgação desta ferramenta. Para isso, procurou-se abordar os seguintes tópicos: origem e conceito de cartografia geotécnica; diferença de carta geotécnica e mapa geotécnico; aplicações e tipos de uso de cartas e/ou mapas geotécnicos; uso da cartografia geotécnica nos últimos anos; mapeamento geotécnico; e as principais metodologias utilizadas para o mapeamento geotécnico.

Em função das diversas possibilidades de uso da cartografia geotécnica fez-se também um levantamento referente às das tendências de uso, a partir de 2000, em trabalhos publicados em eventos científicos na área de geotecnia e nos programas de pós-graduação em geotecnia brasileiros que são centro de referência na sua utilização, a exemplo da USP (Escola de Engenharia de São Carlos), UNB, UNESP, UFRJ, UFV e UFOP.

Recebido em 25/07/2009

Aprovado para publicação em 08/03/2010

ORIGEM E CONCEITO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA

Zuquette e Gandolfi (2004) relatam que Langen em 1913 apresentou na Feira de Construções de Leipzig (Alemanha), documentos gráficos, que deram início à cartografia geotécnica no mundo. E que foi a partir deste evento que os mapas foram surgindo com maiores informações, análises diferenciadas e detalhes em função das escalas, nos quais se classificavam os atributos do meio físico para diferentes usos. Mas é a partir do desenvolvimento da cartografia digital que a cartografia geotécnica ganha impulso como um dos instrumentos para planejamento e gestão, constituindo uma representação gráfica das limitações e potencialidades do meio físico.

Apesar das primeiras cartas geotécnicas, destinadas ao planejamento regional e urbano, datarem do início do século XX, só depois da II Guerra Mundial, com a necessidade de reconstrução das cidades, se verificou a implementação de metodologias adequadas e de prática sistemática (NON, 1976 apud ALMEIDA & ALMEIDA, 2002). Em 1968, a IAEG (*International Association of Engineering Geology*) propôs a criação da *Engineering Geological Mapping Commission* para desenvolver estudos que permitissem regulamentar a elaboração de mapeamentos geotécnicos e seus produtos, bem como difundir conhecimentos e tendências, cuja atividade desenvolvida levou à preparação de documentação diversa na especialidade, salientando-se um guia preparatório de cartas geotécnicas para a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) e confecção de inúmeras cartas para diversos países.

Vale ressaltar que a partir da década de 60 surge a cartografia digital geotécnica, mas de forma ainda incipiente, com o desenvolvimento da informática, através da utilização de computadores, revolucionando a cartografia tradicional. Devido a este novo panorama, após a década de 60, surgiram novos conceitos, como os termos CAD (*Computer Aided Design*), CAM (*Computer Aided Mapping*) e AM/FM (*Automated Mapping/Facility Management*), que nada mais são do que sistemas voltados para a transformação do mapa analógico para o meio digital (OLIVEIRA, 1983). Logo, o processo evolutivo da cartografia digital saltou para um patamar superior na medida em que foram desenvolvidos os sistemas de gerenciamento de banco de dados, tornando possível a ligação da base cartográfica digital ao banco de dados descritivo, surgindo assim os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).

No Brasil, a partir da década de 80 e início da década de 90, houve um crescente aumento da produção científica relacionada à cartografia geotécnica, culminando com o aparecimento de grupos de pesquisas que passam a tratar do assunto com frequência, destacando-se o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), o Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos (USP) e o Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (SILVA, 2003).

A cartografia geotécnica vem se tornando importante instrumento técnico da gestão ambiental, pois fornece, através da representação do conhecimento geológico, as diretrizes para que as atividades humanas minimizem o comprometimento da qualidade ambiental e os seus impactos. Esse conhecimento contempla a caracterização do meio físico quanto às propriedades dos materiais constituintes (rochas, solos e águas), em relação aos processos geodinâmicos naturais e/ou induzidos e às modificações desses materiais diante das intervenções humanas (uso e ocupação do solo). Assim, as informações da cartografia geotécnica contemplam as necessidades da gestão ambiental em seus vários níveis, desde a formulação de políticas até o planejamento e o gerenciamento ambiental de diferentes setores e/ou territórios (FREITAS & CAMPANHA, 2007).

De acordo com Zuquette (1987), a cartografia geotécnica é um processo que tem por finalidade básica levantar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico. As informações devem ser manipuladas por processos de seleção, generalização, adição e transformação, para que possam ser correlacionadas, interpretadas e, no final, representadas em mapas, cartas e anexos descritivos utilizados para fins de engenharia, planejamento, saneamento, etc.

De acordo com Pereira (2006) é por meio da representação da cartografia geotécnica que o usuário visualiza as características e os processos do meio físico, considerando suas limitações e potencialidades para possíveis tomadas de decisão em função do dinâmico processo de uso e ocupação das áreas territoriais.

Cerri (1990) afirma que a cartografia geotécnica é a representação das características do meio físico natural, englobando a distribuição espacial dos diferentes tipos de solos e rochas, com suas propriedades geológico-geotécnicas, formas de relevo, dinâmica dos principais processos atuantes e as eventuais alterações decorrentes da implantação de obras de engenharia e das diferentes formas de uso e ocupação do solo.

A preparação de cartografia geotécnica implica a utilização de grande volume de dados e de trabalhos de prospecção, cujo armazenamento, atualização, consulta e tratamento justifica a utilização de bases de dados adequadas, por meio de armazenamento, manipulação de informações e da integração de dados em ambiente de SIGs (ALMEIDA & ALMEIDA, 2002; MOURA et al., 2003).

Zuquette e Nakazawa (1998) abordam que os termos cartografia e mapeamento geotécnico são encontrados muitas vezes como similares, em função da influência de duas correntes de trabalho distintas: a da língua francesa, derivada do termo *Cartographie Geotechnique* e a da língua inglesa, *Engineering Geological Mapping*. Wolski et al. (1998) diferenciam estas terminologias na medida em que compreendem o mapeamento geotécnico como o processo que abrange todos os procedimentos necessários para a obtenção da carta geotécnica por meio de investigação dos atributos (obtenção das informações e dados geotécnicos) e cartografia geotécnica como a representação gráfica dos produtos do mapeamento.

Como produto da cartografia geotécnica tem-se a carta geotécnica, que é composta principalmente de dois documentos: um conjunto cartográfico (cartas e respectivos quadros legendas) e um relatório descritivo. Estes documentos cartográficos não substituem as investigações detalhadas dos locais, com ensaios em campo e análise de amostras em laboratório, mas auxiliam no planejamento e interpretação dos resultados obtidos, sendo largamente utilizados nas diferentes fases do projeto e implantação de obras de engenharia, nos processos de planejamento territorial, urbano e ambiental, assim como no desenvolvimento e na conservação do meio ambiente (ZUQUETTE & NAKAZAWA, 1998). A carta geotécnica está inserida na cartografia temática, sendo parte da cartografia que se ocupa em representar, a partir de bases cartográficas existentes, os fenômenos qualitativos ou quantitativos, transformados em grafismos específicos oriundos de metodologia voltada para o tratamento da informação espacial (DENT, 1993 apud PAULA & CERRI, 2008).

Apesar da carta geotécnica expressar fundamentalmente dados do meio físico, sua abordagem pode envolver também aspectos de interesse do meio biótico e antrópico, na medida em que sejam da mesma forma, componentes essenciais nos processos interativos das solicitações do homem no meio. Quando os dados consistirem, em proporções semelhantes, atributos dos três segmentos do meio ambiente, o produto é denominado Carta Ambiental. Desta forma, a Carta Geotécnica é um tipo específico de Carta Ambiental, em que predomina a abordagem dos atributos do meio físico, por isso sendo, às vezes, também denominada Carta Geoambiental, cujo significado é fundamentado na própria etimologia do termo, levando em conta atributos de seus componentes físicos, os quais participam do desenvolvimento de processos e fenômenos responsáveis pela dinâmica da crosta terrestre (FREITAS & CAMPANHA, 2007).

Pode-se concluir que a cartografia geotécnica sofreu uma progressão, podendo ser notada pela diversificação de seus objetivos e o aperfeiçoamento em termos de conteúdo e modo de tratamento das informações em função do desenvolvimento das tecnologias de geoprocessamento.

CARTA GEOTÉCNICA VERSUS MAPA GEOTÉCNICO

Existem dois termos que são utilizados em cartografia, a carta e o mapa, sem que se leve em conta aspectos necessários para determinar essa denominação, como escala, finalidade e metodologia de elaboração, o que tem gerado erros graves e a elaboração de documentos cartográficos sem relação com o objetivo proposto (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004).

Oliveira (1983) recomenda o uso do termo *carta* para documentos cartográficos que apresentam uma maior segurança no que diz respeito à precisão de medidas a serem tomadas diretamente da carta. Já os mapas, não necessariamente apresentam esta precisão, correspondendo a documentos menos rigorosos em relação à localização espacial, dimensões de objetos representativos, distâncias, etc. Vedovello (1993) define mapa como um documento cartográfico em que são registradas as informações naturais e/ou classificadas, na tentativa de

se registrar o que há na natureza. Segundo este mesmo autor carta seria o documento cartográfico que apresenta os resultados de uma análise baseada em informações naturais e/ou classificadas, ou seja, é a interpretação do dado natural.

Zuquette (1993) faz uma distinção das terminologias inseridas na cartografia geotécnica, deste modo, propõe o termo mapa geotécnico para representações dos atributos do meio físico, levantados sem a realização de análise interpretativa, geralmente executada em escala regional (1:100.000 a 1:250.000) orientando estudos de maiores detalhes, auxiliando no macro planejamento do uso e ocupação regional. Já a carta geotécnica representa o resultado da interpretação dos atributos, para aplicações preestabelecidas, sendo mais utilizada para o ambiente urbano, subsidiando a definição do direcionamento da expansão urbana. O autor também destaca o termo planta geotécnica que é a representação gráfica realizada em escala grande, maior que 1:5.000, que normalmente está voltada para locais onde serão executadas obras específicas.

Para a IAEG (1976), carta e/ou mapa geotécnico é um tipo de mapa geológico que classifica e representa componentes do meio físico de importância para as atividades de engenharia, planejamento, construção, exploração e preservação do ambiente.

Santos (1990) argumenta que a carta e/ou mapa geotécnico na prática corresponde a um resumo de outros documentos, como as cartas geológica, pedológica, hidrogeológica e geomorfológica, entre outras, dependendo do método de mapeamento adotado, acrescido, normalmente, de um relatório que a descreva, mostrando os critérios usados e as propostas de soluções.

De acordo com Prandini et al. (1995), cartas e/ou mapas geotécnicos expressam, na prática, o conhecimento geológico aplicado ao enfrentamento dos problemas causados pelo uso e ocupação da terra. Apesar do reconhecimento da diferenciação dos dois termos cartográficos, cartas e mapas geotécnicos, nota-se na literatura que os seus conceitos são utilizados como sinônimos.

APLICAÇÕES E TIPOS DE CARTAS E/OU MAPAS GEOTÉCNICOS

Paula e Cerri (2008) relatam que na literatura internacional e nacional sobre cartas e/ou mapas geotécnicos há dois tipos de documentos: as destinadas a subsidiar a implantação de obras de engenharia e aquelas voltadas a subsidiar ações de planejamento territorial e gestão do uso e ocupação do solo (em especial o solo urbano), sendo este último produzido em número superior àquelas destinadas a obras.

A causa do maior número de produção de cartas e/ou mapas para fins de planejamento e gestão está relacionada ao crescimento desordenado das cidades e às intensas atividades antrópicas, que transformam o meio ambiente, causando problemas de natureza física, social e econômica. Neste contexto, a busca pela sustentabilidade nos municípios é cada vez maior, e para isto criam-se instrumentos de planejamento e gestão de políticas públicas (RODRIGUES & AUGUSTO FILHO, 2007).

Portanto, a cartografia geotécnica, nos últimos anos, como já descrito no início do presente documento, vem tornando-se uma ferramenta de extrema importância na avaliação do meio físico, fornecendo informações ao planejamento urbano e regional, na preservação ambiental, orientando medidas preventivas e corretivas para minimizar os danos ambientais e os riscos aos próprios empreendimentos, determinado o melhor uso e ocupação do solo. Deste modo inserem-se na cartografia geotécnica tipos de cartas e mapas, derivados ou com finalidades específicas, tais como, cartas de suscetibilidade, cartas de risco, cartas de aptidão, etc. (PRANDINI et al., 1995; RODRIGUES & AUGUSTO FILHO, 2007).

Para subsidiar o uso e a ocupação do solo, a carta e/ou mapa geotécnico apresenta-se como instrumento fundamental de análise e sistematização integrada dos processos do meio, permitindo o conhecimento e a abordagem de problemas que podem ocorrer quando da implementação de atividades com modificações significativas do ambiente. São bastante utilizadas como base na leitura técnica do município, e constituem-se referências nas ações participativas para elaboração do Plano Diretor Municipal (FREITAS & CAMPANHA, 2007).

Em função das múltiplas finalidades possíveis do uso da cartografia geotécnica, Freitas (2000) propôs sete grupos, tendo por base os campos de aplicação da Geologia de Engenharia, sendo eles: construção de obras civis, atividades minerais, análise das condições de risco,

estudos de impacto ambiental, gestão dos recursos hídricos, gestão de resíduos sólidos e planejamento territorial.

Prandini et al. (1995) consideram que a carta e/ou mapa geotécnico expõe as limitações e as potencialidades dos terrenos e estabelece as diretrizes de ocupação para as diversas formas de uso. Do exposto depreende-se que, em suma, os autores citados convergem suas opiniões em torno das aplicações de cartas e/ou mapas geotécnicos como instrumento de planejamento e orientação de obras. A elaboração da carta e/ou mapa geotécnico pressupõe um toque pessoal e subjetivo, em função da formação profissional do elaborador e de sua experiência e competência técnica. Assim, a elaboração por diferentes autores, embora com os mesmos objetivos, nas mesmas áreas físicas e escala, e em idênticas condições de trabalho podem, perfeitamente, resultar em produtos diferentes (CERRI et al., 1996). A seguir são apresentados diferentes tipos de cartas geotécnicas, com suas características e denominações.

Cerri (1990) reconhece três tipos de cartas geotécnicas, denominadas: cartas geotécnicas clássicas, cartas de suscetibilidade e cartas de risco. Estes documentos podem, ainda, ser classificados em: genéricas - de caráter apenas indicativo e orientador, subsidiando, assim, o planejamento do uso e ocupação; e específicas, que são determinativas e restritas, impondo a projetos formas mais adequadas de uso e ocupação do solo e/ou a necessidade de determinados tipos de obras de engenharia. Prandini et al. (1995) expõem que a cartografia geotécnica pode ser apresentada com diferentes designações, conforme a finalidade e a própria natureza do terreno. Desta forma, definem quatro tipos principais de cartas geotécnicas e seus respectivos conceitos (Tabela 1).

Tabela 1

Tipos de cartas geotécnicas e seus conceitos, de acordo com Prandini et al., 1995.

TIPO	CONCEITO
Cartas geotécnicas (propriamente ditas)	Expõem as limitações e potencialidades dos terrenos, estabelecendo as diretrizes de ocupação frente às formas de uso do solo.
Cartas de riscos geológicos	Preponderam a avaliação de dano potencial à ocupação, frente a uma ou mais formas de uso.
Cartas de suscetibilidade	Informam sobre a possibilidade de ocorrência de um ou mais fenômenos geológicos e de comportamentos indesejáveis.
Cartas de atributos ou parâmetros	Apresentam informações geográficas de interesse ao uso e ocupação do solo.

Bitar et al. (1992), enfocando o uso urbano do solo, identificam quatro tipos principais de cartas geotécnicas e apresentam seus conceitos (Tabela 2).

Tabela 2

Tipos de cartas geotécnicas se seus conceitos, de acordo com Bitar et al. (1992).

TIPO	CONCEITO
Cartas geotécnicas dirigidas	A partir da identificação de problemas de natureza geológico-geotécnica decorrentes do uso do solo, expõem as limitações e potencialidades dos terrenos.
Cartas geotécnicas convencionais	Apresentam a distribuição geográfica das características dos terrenos, a partir de atributos do meio físico, muitas vezes sem considerar as interações existentes entre o meio físico e as diferentes formas de uso urbano do solo.
Cartas de suscetibilidade	Indicam a potencialidade de ocorrência de processos geológicos naturais e induzidos em áreas de interesse ao uso urbano do solo, expressando as suscetibilidades, segundo classes de probabilidade de ocorrência.
Cartas de risco geológico	Prepondera a avaliação de dado potencial à ocupação, expresso segundo diferentes graus de risco, resultantes da conjugação da probabilidade de ocorrência de manifestações geológicas naturais e induzidas e das consequências sociais e econômicas decorrentes.

USO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA NOS ÚLTIMOS ANOS

A capacidade da cartografia geotécnica em sintetizar vários parâmetros do meio físico tem levado a usos múltiplos por diversas áreas e escalas de conhecimento. Tominga et al. (2004) realizaram um diagnóstico da cartografia geotécnica nas principais instituições do Brasil que trabalham com esta temática, neste estudo alguns usos se destacaram, sendo eles:

- Produção de mapas básicos e cartas interpretativas de suscetibilidade, zoneamento e risco de erosão e movimentos de massa;
- Escolha de áreas para expansão urbana e implantação de loteamentos;
- Diagnósticos geoambientais em bacias hidrográficas;
- Definição de áreas para disposição de resíduos sólidos e construção de barragens e estradas;
- Auxílio à formulação de Planos Diretores, em Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e Relatórios de Impactos ao Meio-Ambiente (RIMA).

Com o intuito de verificar quais os principais usos da cartografia geotécnica, fez-se um levantamento nas publicações de eventos de cartografia geotécnica, dissertações e teses dos programas de pós-graduação na área de concentração em geotecnia a partir de 2000, dos quais pode-se destacar:

- Mapeamento geotécnico de áreas de risco a escorregamento e de erosão (AHRENDT, 2005; AMARAL JUNIOR, 2007; ARCAYA, 2007; BANDEIRA, 2003; CANIL & MACEDO, 2005; CASTRO, 2006; CORONADO, 2006; FONTELES et al., 2001; LOPES, 2006; MELO NETO, 2005; MIRANDA, 2005; MOLINERO, 2007; RABACO, 2005; RODRIGUES & AUGUSTO FILHO, 2007; SILVA, 2003; SILVA, 2007b; SILVEIRA, 2002);
- Mapeamento e zoneamento geotécnico de cidades e das áreas de expansão urbana (ABREU & AUGUSTO FILHO, 2007; ANDRANDE, 2005; BASTOS, 2001; MAIA, 2003; DINIZ et al., 2001; MARTINS et al., 2007; MENDES, 2001; ROQUE, 2006; VEDOVELLO, 2000; ZAINÉ, 2000);
- Mapeamento geotécnico para planejamento de obras (ALMEIRA, 2000; BORGES, 2007; CAETANO, 2006; GOMES & TEIXEIRA, 2007; MIRANDA et al., 2007; SILVA, 2006);
- Mapeamento geotécnico da planície costeira e de corpo de dunas (BASTOS et al., 2006; BASTOS et al., 2007; JESUS, 2002);
- Avaliação e zoneamento geoambiental (MARANESI, 2002; PORTO et al., 2007);
- Mapeamento geotécnico do subsolo (OCHI et al., 2006; SILVA, 2007a; TALAMINI NETO, 2001);
- Mapeamento de solos expansíveis e colapsíveis (AMORIM, 2004; OLIVEIRA, 2002);
- Diagnóstico de áreas degradadas (PONS, 2006);
- Elaboração de carta de sensibilidade ambiental (PAULA, 2007).

É interessante ressaltar que todos estes usos convergem para um único objetivo que é o de orientar o planejamento urbano e regional. Em relação às metodologias empregadas existe uma variedade, a depender do enfoque e em especial da instituição em que a pesquisa foi elaborada, pois, muitas vezes a metodologia adotada foi adaptada ou desenvolvida pelos orientadores-pesquisadores da própria instituição.

Em um computo geral a metodologia da EESC/USP (Metodologia Zuquette) é a mais empregada, podendo estar relacionada ao fato de que a maioria dos trabalhos são desenvolvidos pela USP, instituição na qual a metodologia foi elaborada. As características pertinentes a esta metodologia e as demais encontradas serão detalhadas no tópico metodologias de mapeamento geotécnico.

O MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

Pejon (1992) apud Silva (2003) analisa o mapeamento geotécnico como um processo científico de investigação da natureza, que permite a obtenção de um produto tecnológico a ser utilizado e propicia uma melhor compreensão dos fenômenos naturais.

Zuquette (1993) define o mapeamento geotécnico como o conjunto de processos que busca analisar e avaliar os atributos do meio físico, assim como o seu comportamento frente às várias formas de ocupação, visando orientar o planejamento, ocupação, manejo e conservação de determinada porção do espaço, de forma a auxiliar na mitigação de problemas em curso e na prevenção de problemas futuros.

Bastos e Souza (1996) conceituam o mapeamento geotécnico como uma ferramenta para o conhecimento das características ambientais do meio, pois, reúne em uma mesma unidade geotécnica, solos com origem, pedogênese e características físicas e morfológicas semelhantes e, dessa forma, comportamento geotécnico similares frente a diferentes solicitações.

O processo de mapeamento geotécnico é viabilizado por meio do levantamento, avaliação, análise e representação em documentos cartográficos de atributos (qualidades pertinentes ao meio físico), relativos ao substrato rochoso, solo, relevo, águas e suas interações. Constitui-se em um importante instrumento aplicado ao planejamento urbano, regional e territorial, salientando-se a importância dos processos geodinâmicos naturais ou induzidos e o comportamento geomecânicos dos solos e rochas diante das solicitações requeridas pelas atividades antrópicas (ANDRADE, 2005).

Calijuri e Rios (1996) também realçam a importância do mapeamento geotécnico para o planejamento do meio físico: "a elaboração de mapeamento geotécnico é considerada como um dos melhores mecanismos para avaliação do meio físico, permitindo o planejamento de áreas urbanas e rurais".

Os trabalhos de mapeamento geotécnico visam fornecer subsídios sobre os aspectos geológicos e de comportamento frente às solicitações impostas pelos diferentes tipos de atividades, usos e ocupações, com destaque para as atividades de planejamento e gestão territorial. No mapeamento geotécnico em área urbana deve-se levar em consideração uma gama de objetivos, ações e métodos adequados às diferentes demandas (ABREU & AUGUSTO FILHO, 2007).

No Brasil, o processo de mapeamento geotécnico é relativamente novo, quando comparado com os demais países que já o utilizam como instrumento de auxílio no planejamento territorial. Para Bachion (1997) apud Silva (2003), as principais dificuldades enfrentadas para a realização do mapeamento geotécnico no Brasil estão relacionadas à falta de base topográfica adequada, de conhecimento técnico dos profissionais envolvidos no planejamento, de legislação para punir a ocupação inadequada e que fere o meio ambiente, além da escassez de informações existentes.

O mapeamento tem como produto a carta e/ou mapa geotécnico que, de acordo com Santos (1990) é um documento complexo que integra um certo número de dados do solo e subsolo de uma região, sintetizando-os e interpretando-os, prevendo possíveis respostas à intervenção humana, pois o meio físico, além de suas potencialidades, também apresenta suas limitações de uso. Paula e Cerri (2008) consideram este produto como um importante instrumento para profissionais de diferentes formações que atuam em temas relacionados ao planejamento e gestão do uso e ocupação do solo.

A carta e/ou mapa geotécnico é a representação da expressão prática do conhecimento geológico aplicado à gestão dos problemas impostos pelo uso do solo que permite ao usuário prever o desempenho da interação entre ocupação e o meio físico, bem como os conflitos entre as diversas formas de uso do solo e orientar medidas preventivas e corretivas no sentido de reduzir os riscos aos diferentes empreendimentos de uso do solo (BITAR et al., 1992). Segundo Zuquette e Nakazawa (1998) a carta e/ou mapa geotécnico têm como objetivos: a) prever o desempenho da interação entre o meio físico e a sua ocupação, bem como os conflitos entre as diversas formas de uso do solo; b) estabelecer orientações técnicas, preventivas e corretivas dos problemas identificados, para minimizar custos e riscos nos empreendimentos de uso dos solos.

Ramalho (1994) relata que a carta e/ou mapa geotécnico possibilita: a) melhor dimensionamento prévio de projetos ou mesmo ajuste de posição, com intuito de aproveitar as potencialidades do terreno evitando ou prevenindo situações problemáticas por meio de critérios de ocupação diferenciados, em função das peculiaridades de cada área; b) orientar eventuais investigações complementares de forma a propiciar um real detalhamento de informação; c) maior realismo na fixação inicial de orçamentos.

As cartas e/ou mapas geotécnicos, de acordo com Cerri (1990), visam à melhor utilização do espaço físico disponível, respondem pela melhor conservação e proteção ambiental dos recursos naturais, expõem os critérios técnicos para ocupação e recuperação de áreas degradadas, podem garantir a segurança de edificações e da população (com a previsão e prevenção dos riscos geológicos), propõem-se à otimização de recursos públicos e privados e orientam estudos específicos para obras de engenharia.

As cartas e/ou mapas geotécnicos devem incluir informações descritivas sobre os materiais e processos geológicos, dados quantitativos dos diferentes componentes do meio geológico e das propriedades físicas e mecânicas dos materiais e informação interpretativa para sua aplicação geotécnica. Por isso, a representação cartográfica é uma das grandes dificuldades encontradas para a elaboração de cartas e/ou mapas geotécnicos, pois, está associada ao considerável volume de dados obtidos, de modo a inferir na representação de todas as informações disponíveis, dando prioridade para aquelas mais significativas (VALLEJO et al., 2002 apud PAULA & CERRI, 2008).

METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

Após a década de 50, muitos países desenvolveram metodologias que foram aplicadas conforme as necessidades e características de cada região. Algumas destas metodologias ainda são utilizadas até hoje, com algumas adaptações (RODRIGUES & AUGUSTO FILHO, 2007).

No Brasil, o trabalho pioneiro em mapeamento geotécnico foi desenvolvido pelo professor Haberlehner da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), no qual se confeccionou a Carta Geotécnica da cidade do Rio de Janeiro publicada no 20º Congresso Brasileiro de Geologia em 1965 (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004). Os trabalhos de mapeamento geotécnico realizados até 1987 no Brasil seguiram as linhas metodológicas estrangeiras. Estas linhas, mesmo adaptadas, não conseguiram atender às condições ambientais, tecnológicas e socioeconômicas prevaletentes no território nacional (ANDRANDE, 2005).

Os trabalhos de mapeamento geotécnico brasileiro, em geral, estão relacionados aos núcleos de pesquisa em geotecnia ou de geologia de engenharia das universidades. Destaca-se neste contexto a Escola de Engenharia de São Carlos - USP, com diversos trabalhos realizados nas regiões de São Carlos, Rio Claro, Piracicaba, Campinas, Araraquara, Araras, Pirassununga e Lindóia; UFOP, além da UFRJ, UNESP, UNB e UFV, dentre outras. Institutos de pesquisas também vêm atuando nessa linha, como o IPT em São Paulo, a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC em Minas Gerais, a Minerais do Paraná S/A - MINEROPAR no Estado do Paraná, a Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais - CPRM e o Instituto Geológico (IG) em São Paulo (ANDRADE, 2005).

Os métodos de mapeamento geotécnico podem ser divididos em duas grandes linhas de abordagem: a sintética e a analítica. Na abordagem sintética, o meio físico é entendido como um conjunto indissociável de fatores e sua dinâmica e inter-relação são analisadas de forma integrada. Na abordagem analítica o meio físico é subdividido em suas partes componentes (atributos), estas partes são mapeadas e entendidas e, posteriormente, reagrupadas, para compor o todo. Trabalhos de mapeamento utilizando-se procedimentos de ambas as abordagens também são empregadas (ABREU & AUGUSTO FILHO, 2007).

Já Silva (2003) afirma que as metodologias para mapeamento geotécnico podem ser divididas em gerais e específicas. As primeiras dizem respeito às metodologias que visam definir propriedades fundamentais do meio físico, permitindo utilizar as cartas produzidas em diversas obras de engenharia. E as específicas são desenvolvidas visando produzir dados e análises que solucionem problemas particularizados. Dentre estas metodologias e sistemáticas mais abrangentes e suas características principais pode-se destacar as descritas nos itens a seguir.

METODOLOGIA DA EESC - USP (METODOLOGIA ZUQUETTE)

Zuquette, em 1987, propôs uma metodologia de mapeamento geotécnico para as condições brasileiras, constituindo-se num marco da cartografia geotécnica nacional. O princípio básico desta proposta metodológica está centrado no procedimento global do processo, desde a obtenção dos atributos até a elaboração de cartas específicas para os usuários.

A metodologia Zuquette permite definir, identificar e isolar os atributos que devem ser utilizados para caracterização das unidades homogêneas, tratamento dos dados através da hierarquia das informações obtidas e elaboração dos documentos cartográficos, privilegiando meios alternativos para obtenção de informações (atributos) do meio físico (rocha, solo, água, relevo e suas relações) mais adequados às condições socioeconômicas brasileiras, à extensão territorial, à baixa densidade de informações pré-existentes, sem perder de vista a qualidade das informações (ANDRADE, 2005; ZUQUETTE, 1993).

Esta metodologia está dividida em três fases (ZUQUETTE, 1993):

1ª fase - esquematização do problema a ser investigado; definição de uma hipótese de trabalho para o mapeamento geotécnico, estabelecendo-se os atributos do meio físico a analisar, em função da inter-relação com outros atributos e da finalidade de estudo;

2ª fase - fase indutiva e criativa; criam-se teorias por meio das hipóteses indutivas através de um raciocínio analógico, levando a um processo classificatório do meio; deve-se dividir a área em unidades, em função das propriedades e relações dos atributos previamente escolhidos, representadas por zonas homogêneas quanto às características dos componentes do meio físico analisados; é o princípio do zoneamento geotécnico, utilizado em vários países;

3ª fase - fase dos métodos experimentais; comprovação das hipóteses no mapeamento geotécnico, com as zonas previamente definidas, comprovadas por meio de ensaios, envolvendo métodos estatísticos.

As principais classes de documentos elaboradas no mapeamento geotécnico são: os mapas básicos fundamentais, mapas básicos opcionais, mapas auxiliares e cartas derivadas ou interpretativas:

I. Mapas básicos fundamentais: são utilizados para mapear qualquer região em qualquer escala, representando o meio físico (Ex. Mapa Topográfico, Geológico e de Águas).

II. Mapas básicos opcionais: são mapas complementares aos mapas básicos fundamentais, que dependendo das características peculiares de cada região podem se tornar fundamentais (Ex.: Mapa Pedológico, Geofísico, Climáticos, Ocupação Atual ou Prevista).

III. Mapas auxiliares: são denominados mapas de documentação ou de dados, sendo estes de uso indispensável, por registrarem os dados qualitativos e quantitativos, como o tipo, a forma e o local de obtenção dos dados.

IV. Cartas derivadas ou interpretativas: contém informações geotécnicas obtidas de interpretações derivadas de outros mapas (auxiliares, básicos opcionais, topográficos e outros), representam informações das diversas condições do meio físico para uma ou mais finalidades. São apresentadas em forma de onze cartas: escavabilidade, fundações, irrigação, estabilidade de talude, erodibilidade, disposição de rejeitos sépticos, materiais de construção, restrições ambientais, orientação ou de zoneamento, obras viárias e obras enterradas.

Metodologia do IPT

Segundo Prandini et al. (1995), esta metodologia identifica as principais características dos materiais (geologia e geomorfologia), determina zonas homogêneas e os processos envolvidos com a finalidade de tecer considerações sobre as possíveis medidas preventivas, reparadoras e minimizadoras dos problemas ambientais identificados.

Conforme Prandini et al. (op. cit.), a metodologia adotada pelo IPT segue os seguintes procedimentos:

1. **Formulação de uma hipótese/modelo inicial orientador:** identificação objetiva dos recursos e problemas existentes ou esperados, pelo conhecimento da dinâmica da ocupação local; envolve o conhecimento das solicitações e transformações inerentes às formas de uso do solo, e dos elementos fundamentais dos processos e comportamentos da geologia,

geomorfologia e da geotecnia local, o que proporciona um esboço fisiográfico primário dos terrenos, do ponto de vista de seu uso, resultando em um primeiro ensaio de compartimentação ante os problemas e recursos esperados;

2. Análise fenomenológica e de desempenho: análise e identificação das causas e do desenvolvimento dos fenômenos ou situações geradoras dos problemas previamente detectados, estabelecendo as características fisiográficas de interesse para a ocupação;

3. Mapeamento e compartimentação: estabelecimento das principais evidências acessíveis à investigação das características de interesse, fixando critérios de correlação, extrapolação e interpolação das diversas áreas de conhecimento, resultando na configuração espacial da distribuição de tais características. Orientação das informações e expressões geográficas das características de interesse, através de operações de coleta e análise das informações; reconhecimento/mapeamento, por sensoriamento remoto, levantamentos de campo, investigações laboratoriais e *in situ*; compartimentação homogênea, segundo a maior probabilidade de ocorrência de problemas, ou as características de interesse, ou as unidades homogêneas, quanto à aptidão à determinada forma de uso e ocupação, bem como a minimização de possíveis efeitos;

4. Representação: apresentação dos resultados de modo a facilitar o acesso ao público interessado.

O IPT elabora, principalmente, cartas geotécnicas dirigidas e a metodologia utilizada fundamenta-se em quatro premissas, assim sintetizadas:

1. partir dos problemas significativos presentes no território e, posteriormente, para suas condicionantes mapeáveis;

2. estabelecer uma fisiografia do desempenho que integre os processos do meio físico e as suas formas de ocupação;

3. concentrar esforços na coleta objetiva e orientada de dados, para definir unidades geológico-geotécnicas de mesmo comportamento, de modo que correspondam, diretamente, a distintas práticas de prevenção e correção;

4. superar o determinismo ingênuo da maior parte das aptidões, valendo-se do arsenal de técnicas disponíveis para a maximização de opções plausíveis para o uso do solo.

Assim, as cartas geotécnicas elaboradas pelo IPT partem da identificação dos problemas (existentes e previstos) decorrentes da interação entre o meio físico geológico e a ocupação. Posteriormente, são realizados levantamentos para a obtenção de dados visando a proposição de alternativas de solução e/ou de não instalação destes problemas. As cartas geotécnicas dirigidas também apresentam subsídios para o adequado planejamento da ocupação futura. Quanto às escalas de representação, os exemplos variam, principalmente, de 1:25.000 a 1:5.000. Raramente apresentam quantificação de parâmetros geológico-geotécnicos. Destinam-se ao planejamento e à gestão do uso do solo, este último entendido como o estabelecimento de medidas para o equacionamento de problemas instalados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cartografia geotécnica tem se tornado uma ferramenta importante na avaliação de limitações e potencialidades do meio físico, fornecendo informações ao planejamento urbano e regional, para a qual a tecnologia de geoprocessamento contribuiu para aprimoramento e confecção de produtos complexos e confiáveis, permitindo a manipulação de grande volume de dados.

O uso da cartografia geotécnica, de um modo geral, atende à construção de obras civis; atividades minerais; análise de susceptibilidade e risco de erosão e movimentos de massa, estudos de impacto ambiental (ex.: EIA e RIMA), gestão dos recursos hídricos e de resíduos sólidos; e planejamento territorial (ex.: Plano Diretor Municipal).

Para obtenção das informações e dados geotécnicos, existe uma variedade de metodologias de mapeamento geotécnico, cuja escolha, muitas vezes, está relacionada ao local de desenvolvimento da pesquisa, sofrendo influência da instituição proponente que possui metodologias desenvolvidas e/ou adaptadas.

A cartografia geotécnica encontra-se consolidada, apresentando uma diversidade de metodologias que buscam atender a carência de informações pré-existentes e a variedade de enfoques, tornando-a uma ferramenta potencial de utilização para diversas áreas do conhecimento.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. E. S. de; AUGUSTO FILHO, O. Mapeamento geotécnico para subsidiar a gestão municipal de Analândia – SP com base nas abordagens da EESC/USP, do IPT e da UNESP – Rio Claro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 6, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABGE, 2007. p. 711-724.

AHRENDT, A. **Movimentos de massa gravitacionais - proposta de um sistema de previsão: aplicação na área urbana de Campos do Jordão – SP.** 2005. 364p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ALMEIDA, L. E. G. **Mapeamento geotécnico de Casa Branca (SP) – ênfase no uso da técnica de avaliação de terrenos e perfis típicos de materiais inconsolidados.** 2000. 115p. Dissertação (Mestrando em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

ALMEIDA, I. M.; ALMEIDA, G. A utilização de bases de dados na cartografia geotécnica de Lisboa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 10, 2002, OURO PRETO. **Anais...** Ouro Preto: ABGE, 2002. p. 55-62.

AMARAL JUNIOR, A. F. do. **Mapeamento geotécnico aplicado a análise de processos de movimentos de massa gravitacionais: Costa Verde-RJ – escala 1:10.000.** 2007. 189p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

AMORIM, A. S. F. **Contribuição à cartografia geotécnica: sistema de informações geográficas dos solos expansivos e colapsíveis do Estado de Pernambuco (SIGSEC – PE).** 2004. 244p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Ciência, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

ANDRADE, R. F. de. **Mapeamento geotécnico preliminar em escala de semi-detulhe (1:25.000) da área de expansão urbana de Uberlândia-MG.** 2005. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

ARCAYA, S. G. C. **Avaliação dos fatores condicionantes dos processos erosivos no Distrito Federal.** 2007. 189p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, 2007.

BANDEIRA, A. P. N. **Mapa de risco de erosão e escorregamento das encostas com ocupações desordenadas no município de Camaragipe-PE.** 2003. 209p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Ciência, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

BASTOS, C. A. B. et al. Mapeamento Geotécnico da Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul com vistas a caracterização de solos para pavimentação. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE GEOTECNIA, 3, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABMS, 2006. p. 119-124.

BASTOS, C. A. B. et al. Mapeamento Geotécnico da Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 6, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: SBCGG, 2007. 15p.

BASTOS, G. Uso de Sistemas de Informação Geográfica para o Zoneamento Geotécnico do Município de Feira de Santana. **Revista Stientibus da UEFS**, Feira de Santana, 2001. p. 113-136.

BASTOS, G.; SOUZA, N. M. de. Zoneamento geotécnico geral da região de Feira de Santana-BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E I ENCONTRO REGIONAL DE GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE, 2, 1996. São Carlos. **Anais...** São Carlos: ABGE, 1996. p. 87-92.

BITTAR, O.Y; CERRI, L. F. S.; NAKAZAWA, V. A. Carta de risco geológico e carta geotécnica: uma diferenciação a partir de casos em áreas urbanas no Brasil. In: SIMPÓSIO LATINO-
Caminhos de Geografia Uberlândia v. 11, n. 35 Set/2010 p. 158 - 172 Página 168

AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 2, 1992. São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1992. p. 35-41.

BORGES, M. de V. **Contribuição de um sistema de dados georeferenciados baseado em geomorfologia e pedologia para o estudo de fundações na cidade de Rio Branco, Acre.** 2007. 138p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

CAETANO, N. B. **Procedimentos metodológicos para o planejamento de obras e usos: uma abordagem geotécnica e geoambiental.** 2006. 163p. Tese (Doutorado em Geociência e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

CALIJURI, M. L.; RIOS, L. Elaboração de mapeamento geotécnico utilizando-se Sistemas de Informações Geográficas. In: GIS BRASIL 94 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 1994. **Anais ...** Curitiba: SAGRES, 1994. p. 9-13.

CANIL, K; MACEDO, E. S. de. Mapeamento de áreas de risco à processos de escorregamento como assistência ao plano preventivo de defesa civil: PPDC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBGFA, 2005. p. 143-152.

CASTRO, J. M. G.. **Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto.** 2006. 138p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

CERRI, L. E. S. Carta Geotécnica: contribuições para uma concepção voltada as necessidades brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6., Salvador, 1990. **Anais ...** Salvador, ABGE, v.1, p. 309-317.

CERRI, L. E. S. et al. Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração como o emprego do método de detalhamento progressivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABGE, 1996, v. 2. p 537-548.

CORONADO, J. A. **Avaliação da suscetibilidade a deslizamentos por meio do uso de Sistema de Informações Geográficas: aplicação em uma Área do Eixo Cafeteiro Colombiano.** 2006. 92p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, 2006.

DINIZ, N. C. et al. Carta geotécnica de Manaus como resultado de parceria institucional. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 4, 2001, Brasília. **Anais...** Brasília: ABGE, 2001. 15p.

FONTELES, H. R. da N. et al. Mapeamento Geotécnico da Vertente Sudeste da Serra de Maranguape (Ceará) com ênfase em Movimentos de Solos e Rochas. **Revista de Geologia,** Fortaleza, v. 14, n. 1, 2001. p. 22-32,

FREITAS, C, G, L. de; CAMPANHA, V. A. Carta geotécnica e ambiental aplicada em planos diretores municipais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 6, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABGE, 2007. p. 562-570.

FREITAS, C. G. L. de. **Cartografia geotécnica de planejamento e gestão territorial:** proposta teórica e metodológica. 2000. 238p. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2000.

GOMES, R. L. & TEIXEIRA, N. N. Aplicação de técnicas de mapeamento geotécnico na avaliação ambiental de área de instalação de posto de combustível em Ilhéus-BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 6, 2007, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: SBCGG, 2007. 12p.

IAEG - INTERNACIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY. Engineering Geology maps: a guide to their preparation. Unesco: Paris, 1976.

JESUS, A. P. de. **Caracterização geológica, geomorfológica e geotécnica de um corpo de dunas na cidade de Natal-RN.** 214p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

- LOPES, E. S. S. **Modelagem espacial dinâmica aplicada ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar Paulista, na escala de 1:10.000**. 2006. 276p. Tese (Doutorado em Geociência e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.
- MAIA, M do S. O. **Zoneamento geotécnico do sítio urbano do município de Rio Branco/AC e seus arredores, para fins de planejamento com ênfase à expansão urbana, através do sensoriamento remoto**. 2003. 276p. Dissertação (Mestrado em Geociência e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.
- MARANESI, D. A. **Avaliação geoambiental em áreas de Cerrado no Triângulo Mineiro para implantação de pequenos reservatórios superficiais de água: aplicação na folha de Tupaciguara, MG (1:100.000)**. 2002. 141p. Tese (Doutorado em Geociência e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.
- MARTINS, A. H. C et al. . Mapeamento geotécnico, realizado no setor norte do perímetro de Goiânia-GO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 6, 2007, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: SBCGG, 2007. 6p.
- MELO NETO, M. V. **Classificação e caracterização geotécnica de dois movimentos de massa no Estado de Pernambuco**. 2005. 213p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Ciência, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.
- MENDES, R. M. **Mapeamento geotécnico da área central urbana de São José do Rio Preto (SP) na escala 1:10.000 como subsidio ao planejamento urbano**. 230p. 2001. Dissertação de Mestrado. CCET/UFSCar, São Carlos/SP.
- MIRANDA, J. G. de. **Mapeamento geotécnico e estudo da susceptibilidade à erosão na bacia do Ribeirão Ponte de Pedra (MT), escala: 1:100.000**. 2005. 278p. Teses (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- MIRANDA, T. C. et al. Mapeamento das Unidades Geotécnicas e Montagem de Banco de Dados na Área Abrangida Pela Obra de Duplicação da BR101 Sul, RS, Brasil. In: CONGRESSO LUSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA, 4, 2007, Coimbra. **Anais...** Coimbra: ABGE, 2007. 15p.
- MOLINERO, G. R. **Modelagem de previsão de evolução de processos erosivos**. 2007. 162 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, 2007.
- MOURA, A. P. de. Caracterização geotécnica das argilas moles da Costa Atlântica de Santa Catarina com o uso da cartografia e sistemas de informações geográficas. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 21, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBC, 2003. 5p.
- OCHI, V. T. et al. Análise da exatidão do modelo digital de terreno desenvolvido para representação do subsolo no campus da Unicamp. In: CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13, 2006, Campinas. **Anais...** Campinas: UFC, 2006. p. 273-273.
- OLIVEIRA, C. **Dicionário cartográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.
- OLIVEIRA, C. M. G. de. **Carta de risco de colapso de solos para a área urbana do município de Ilha Solteira – SP**. 2002. 93p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.
- PAULA, B. L. de; CERRI, L, E. da. S. Proposta de representação cartográfica para cartas geotécnicas. **Revista Geotecnia**, São Paulo, n. 112, p. 11-126, março. 2008.
- PAULA, J. P. L. de. **Caracterização do meio físico como subsídio à elaboração de cartas de sensibilidade ambiental: ensaio de aplicação em dutovia na Serra do Mar – SP**. 2007. 153p. Dissertação (Mestrado em Geociência e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.
- PEREIRA, E. D. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e aquífero do reservatório Batatã - São Luís (MA)**. 2006. 144p. Tese (Doutorado em Geociência) – Instituto de Geociência e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

PONS, N. A. D. **Levantamento e diagnóstico geológico-geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos-SP, com auxílio de geoprocessamento**. 2006. 210p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

PORTO, et al. Zoneamento geoambiental da Ilha de Cotijuba – Belém/PA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 6, 2007, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: SBCGG, 2007. 10p.

PRANDINI, F. L. et al. Cartas Geotécnicas nos planos diretores regionais e municipais. In: BITAR, O. Y. **Curso de Geologia de Engenharia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE, 1995.

RABACO, L. M. L. **Avaliação de modelos de susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa numa faixa de dutos**. 2005. 162p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) – Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

RAMALHO, G. G. C. **Mapeamento geotécnico de Viçosa com uso de Sistema de Informações Geográficas**. 110p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

RODRIGUES, V. P.; AUGUSTO FILHO, A. Mapeamento geotécnico do perímetro urbano e sua área de expansão no município de Jaú-SP: base para o planejamento urbano e ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 6, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABGE, 2007. p. 725-740.

ROQUE, W. V. **Mapeamento geoambiental da área urbana de Manaus – AM**. 2006. 162p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, 2006.

SANTOS, M. do C. S. R. dos. **Manual de fundamentos cartográficos e diretrizes gerais para elaboração de mapas geológicos, geomorfológicos e geotécnicos**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1990. 101p.

SILVA, A. F. da. **Mapeamento geotécnico e análise dos processos erosivos na bacia do córrego Tuncum, São Pedro-SP, escala 1:10.000**. 2003. 131p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SILVA, A. M. B. G. da. **Condicionantes geológico-geotécnicos de escavação grampeada em solo residual de gnaiss**. 2006. 126p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, C. A. R. da. **Perfil geológico-geotécnico do subsolo ao longo do traçado do metrô de Goiânia**. 2007. 105p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, 2007a.

SILVA, C. P. L. da. **Cartografia geotécnica de grande escala: estudo de caso Brasília - Área Tombada pela Unesco**. 2007. 106p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, 2007b.

SILVEIRA, L. L. L. da. **Elaboração de carta de susceptibilidade à erosão das bacias dos rios Araraquara e Cubatão-SP, escala 1:50.000**. 2002. 186p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

TALAMINI NETO, E. **Caracterização geotécnica do subsolo de Curitiba para o planejamento de ocupação do espaço subterrâneo**. 2001. 176p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

TOMINGA, L. K. Diagnóstico preliminar da cartografia Geotécnica e geoambiental no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 5, 2004, São Carlos. **Anais...** São Carlos: SBCGG, 2004. 20p.

ZAINE, J. E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)**. 2000. 149p. Tese (Doutorado em Geociência e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

ZUQUETTE, L. V. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras**. 1987. 219p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.

ZUQUETTE, L. V. **A importância do mapeamento geotécnico no uso e na ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração**. 1993. 369p. Tese de Livre Docência, – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

ZUQUETTE, L. V.; NAKAZAWA, V. A. **Cartas de geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. p. 283-300.

VEDOVELLO, R. **Zoneamento geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico – aplicação em expansão urbana de São José dos Campos**. 1993. 88p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1993.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação - UBCs**. 2000. 154p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

WOLSKI, M. S. et al. Contribuição à cartografia geotécnica de grandes áreas com o uso de sistemas de informações geográficas: uma aplicação à Região do Médio Uruguai (RS). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 3, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: COBRAC, 1998. 8p.