

PROPOSTA DE REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA CARTAS GEOTÉCNICAS

Proposal of cartographic representation for engineering geological maps

Beatriz Lima de Paula*

Leandro Eugenio da Silva Cerri**

RESUMO – As cartas geotécnicas são ferramentas importantes para os profissionais que atuam em temas relacionados ao planejamento e gestão do uso e ocupação do solo. Tais cartas apresentam diferentes unidades de análise, que correspondem à distribuição espacial de áreas que apresentam diferentes características quanto aos atributos do meio físico. Também podem mostrar como um determinado processo geológico ou comportamento geotécnico se distribuem espacialmente, permitindo que o usuário possa buscar a informação desejada que dá suporte a uma decisão. Muitas cartas são elaboradas sem que haja um cuidado maior com a forma de representação cartográfica, o que dificulta sua leitura e utilização. O presente artigo apresenta uma proposta de representação cartográfica para as cartas geotécnicas, elaborada a partir de pesquisa sobre as formas de representação cartográfica adotadas por diferentes autores.

ABSTRACT – Engineering geological maps are important tools for professionals who deal with themes related to planning and management of land use. These maps display different units of analysis that correspond to spatial distribution of areas, which display different characteristics about physical environment attributes. Also can display how a specific geological process or geotechnical behavior distribute spatially, letting that users search the desired information that help them taking a decision. Many engineering geological maps are made without much care on the way of cartographic representation, what difficult its reading and use. The present article deals with a cartographic representation proposal made from research about the ways of cartographic representation adopted for different authors.

PALAVRAS CHAVE – Carta geotécnica, mapa geotécnico, representação cartográfica.

KEYS-WORDS – Engineering geological maps, geotechnical maps, cartographic representation.

1 – INTRODUÇÃO

De um modo geral, a literatura técnica nacional e internacional sobre cartas geotécnicas indica que há, basicamente, dois grandes tipos desses documentos: os voltados ao planejamento e gestão do uso e ocupação do solo e aqueles destinados a subsidiar a implantação de obras de engenharia. No Brasil, as cartas do primeiro tipo são produzidas em número superior àquelas voltadas a obras de engenharia. Por esta razão, o presente artigo aborda mais especificamente as cartas geotécnicas voltadas ao planejamento e gestão do uso e ocupação do solo, embora as sugestões de representação cartográfica aqui descritas possam ser aplicadas a qualquer tipo de carta geotécnica.

* Beatriz Lima de Paula, Engenheira Cartógrafa, Msc., Doutoranda, Programa de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente, IGCE/Unesp, Rio Claro, Brasil. E-mail: beatrizlpaula@gmail.com.

** Leandro Eugenio da Silva Cerri, Geólogo, Professor Adjunto Doutor, IGCE/Unesp, Rio Claro, Brasil. E-mail: lescerri@rc.unesp.br.

As cartas geotécnicas são entendidas como importantes instrumentos para os profissionais de diferentes formações que atuam em temas relacionados ao planejamento e gestão do uso e ocupação do solo. Tais cartas apresentam a delimitação de diferentes unidades de análise, que correspondem à distribuição espacial de áreas com distintas características quanto aos atributos do meio físico. Também mostram como um determinado processo geológico ou comportamento geotécnico se distribuem espacialmente.

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 (IAEG, 1981).

No Brasil, além da citada proposta da IAEG, não há outra diretriz que estabeleça critérios e procedimentos quanto à forma de representação cartográfica na elaboração de cartas geotécnicas. Tal fato contribui para que haja uma diversidade de formas de representação dos produtos cartográficos, o que tem causado, em muitos casos, dificuldade de visualização e de rápida leitura das informações contidas nas cartas geotécnicas. Como resultado, a interpretação das áreas e/ou situações do meio físico fica prejudicada e, em consequência, a própria aplicação e utilização destas cartas acaba limitada.

A produção de cartas geotécnicas no Brasil vem crescendo numericamente nos últimos anos, impulsionada pela possibilidade de elaboração de cartas geotécnicas digitais. Se por um lado a utilização destes recursos computacionais traz facilidades, por outro, pode acentuar a produção de cartas que apresentam dificuldade de leitura.

Para que a comunicação cartográfica das cartas geotécnicas seja adequada, é importante o estudo da percepção visual de seus usuários, por meio das variáveis visuais. A informação que essas cartas transmitem é essencial para que se tenha uma boa leitura e compreensão do meio físico.

Considerando esses fatos, o objetivo desta pesquisa é o estudo da representação cartográfica de cartas geotécnicas, visando elaborar uma proposta de representação do meio físico e de suas propriedades. Além dos dados geológico-geotécnicos a serem representados de uma forma adequada, é importante também que sejam respeitadas as regras e convenções cartográficas.

O presente artigo se apoia nos aspectos descritos quanto à dificuldade de leitura das cartas geotécnicas produzidas, bem como na premissa de que uma representação cartográfica adequada se torna necessária para a compreensão das cartas pelos diferentes usuários. Esta representação cartográfica tem de ser clara e objetiva, prescindindo de um projeto cartográfico elaborado de modo consciente e fundamentado.

2 – MÉTODO E ETAPAS DE ESTUDO

Para a elaboração da proposta de representação cartográfica para cartas geotécnicas foram executadas as seguintes etapas de estudo: Pesquisa Bibliográfica, Pesquisa Documental, Estudo das Variáveis e Percepção Visual das Cartas, Análise das Cartas Seleccionadas e Proposta de Representação Cartográfica.

1ª Etapa: Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi realizada para obter a fundamentação teórica necessária à execução da pesquisa, visando aprofundar o conhecimento dos temas referentes à comunicação cartográfica.

fica, projeto cartográfico, variáveis visuais, cartografia geotécnica e formas de representação cartográfica. Nesta etapa, os temas relacionados foram buscados nas bibliotecas da Unesp de Rio Claro e Presidente Prudente, privilegiando artigos publicados nos anais dos Simpósios Brasileiros de Cartografia Geotécnica, realizados em 1995, 1996, 1998, 2001 e 2004, e nos Congressos Brasileiros de Geologia de Engenharia mais recentes (1987, 1990, 1993, 1996, 1999, 2002 e 2005). A pesquisa bibliográfica foi complementada com a busca de dissertações de mestrado e teses de doutorado versando sobre o tema cartografia geotécnica, bem como por informações encontradas em sites de busca na Internet.

2ª Etapa: Pesquisa Documental

O desenvolvimento da pesquisa documental seguiu os mesmos critérios adotados na pesquisa bibliográfica, tendo sido realizada especialmente nas bibliotecas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. (IPT) e na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP), dado que estas duas instituições representam os principais centros de pesquisas e produção de cartas geotécnicas no Brasil.

3ª Etapa: Estudo das Variáveis e Percepção Visual das Cartas

Após a pesquisa documental, foi realizado o estudo das variáveis interdependentes e visuais. Também foram analisados os conceitos cartográficos fundamentais a serem empregados em documentos do tipo cartas geotécnicas, conceitos estes que devem permitir uma linguagem cartográfica adequada ao entendimento do usuário do documento produzido.

Os conceitos cartográficos considerados foram baseados nos critérios propostos por Keates (1973), o qual apresenta as fases que incluem a elaboração de projeto cartográfico e aspectos referentes à representação gráfica da informação contida no mapa. Segundo o autor citado, a função do mapa é comunicar esta informação ao usuário, levando-se em conta todas as condições que afetam o processo de leitura do documento cartográfico, como a necessidade do usuário, as circunstâncias de uso, a complexidade da informação, os custos, etc.

Após a análise das fases de elaboração do projeto cartográfico, foram consideradas as teorias da comunicação cartográfica e da representação gráfica propostas por Bos (1984) e Bertin (1978), envolvendo o processo da comunicação. Segundo Dent (1993), o cartógrafo - aqui entendido como o autor do documento cartográfico - é aquele que deseja transmitir uma mensagem espacial com base em informações qualitativas e quantitativas.

4ª Etapa: Análise das Cartas Geotécnicas Selecionadas

A análise das cartas geotécnicas selecionadas correspondeu a uma investigação crítica das formas de representação cartográfica, respeitando os objetivos e finalidades adotadas por cada autor na elaboração de cartas geotécnicas, não enfocando aspectos metodológicos.

Na análise realizada foram verificadas, para cada carta, as variáveis visuais e simbologias adotadas, *layout*, legenda e sua legibilidade, formato de apresentação, quantidade de unidades de análise e escala de representação cartográfica. Esses parâmetros foram organizados em um quadro-síntese, a partir do qual os diferentes aspectos associados aos tipos de representação cartográfica observados foram analisados e comparados.

5ª Etapa: Proposta de Representação Cartográfica

A proposta da representação cartográfica para as cartas geotécnicas foi concebida considerando-se os aspectos essenciais para que a comunicação cartográfica seja clara e objetiva. No produto cartográfico final devem prevalecer o interesse, a exatidão, a criatividade e a profundidade técnica, de modo a atender ao interesse de seus usuários, ou seja, os documentos cartográficos devem fornecer informações aos profissionais que utilizam essas cartas para o desenvolvimento de suas atividades.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cartografia é definida pela Associação Cartográfica Internacional (ACI – International Cartography Association) como o conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, com vistas à elaboração e preparação de cartas, projetos e outras formas de expressão (Oliveira, 1983).

Dent (1993) considera que a cartografia temática, ramo da cartografia no qual as cartas geotécnicas se enquadram, é a 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. O produto resultante é a carta temática, que é considerada um veículo de comunicação, pois sua criação e utilização são partes de um único processo, a comunicação da informação cartográfica.

Com o contínuo surgimento de novas tecnologias, a criação de normas e referências para elaboração de mapas e o avanço da própria sociedade, o conceito dos documentos cartográficos mudou, bem como a qualidade dos produtos cartográficos apresentados na atualidade. Desde a metade do século XVII até os dias atuais, nota-se uma evolução crescente no processo de mapeamento de componentes do meio físico pelas diversas áreas do conhecimento, como a Geografia e a Geologia (Zuquette e Gandolfi, 2004).

Segundo a IAEG - *International Association of Engineering Geology*, mapa geotécnico é um tipo de mapa geológico que classifica e representa os componentes do ambiente geológico, que são de grande significado para todas as atividades de engenharia, planejamento, construção, exploração e preservação do ambiente (IAEG – Unesco, 1976).

Zuquete (1987) também considera que o mapeamento geotécnico pode ser entendido como um processo que tem por finalidade básica levantar, caracterizar, classificar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico, sejam geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos e outros. Tais informações devem ser produzidas de maneira tal que possam ser utilizadas para fins de engenharia, planejamento, agronomia, saneamento, avaliações ambientais e outros.

Analisando-se a produção de cartas geotécnicas no Brasil, pode-se verificar que há dois grandes tipos de cartas geotécnicas: as destinadas a subsidiar a implantação de obras de engenharia, dando suporte para o entendimento do meio físico e aquelas voltadas a subsidiar ações de planejamento territorial e gestão do uso e ocupação do solo. No Brasil há um predomínio numérico de cartas destinada ao planejamento e gestão do uso e ocupação do solo, especialmente o solo urbano.

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

Os 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 geotécnicas, pois está associada ao considerável volume de dados obtidos. As cartas deixam de representar todas as informações disponíveis, dando prioridade para aquelas mais significativas (Vallejo *et al.*, 2002).

Ainda segundo Vallejo *et al.* (2002), o conteúdo e o detalhe da informação dos mapas são função da escala e extensão do terreno; dos objetivos concretos; da importância dos diferentes fatores geológicos e geotécnicos e suas relações; das informações disponíveis e das técnicas de representação.

Cerri *et al.* (1996) consideram que a elaboração de uma carta geotécnica exige uma interpretação para a definição dos limites espaciais de determinada característica ou atributo do meio físico geológico ante o objetivo do trabalho, independente da escala escolhida. Os autores citados consideram que, desta forma, a elaboração de uma carta geotécnica pressupõe um toque pessoal e subjetivo, em função da formação profissional do elaborador e de sua experiência e competência técnicas. Assim, as cartas geotécnicas elaboradas 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.

Diversas pesquisas com enfoque voltado aos procedimentos metodológicos da cartografia geotécnica foram desenvolvidas a partir da segunda metade dos anos de 1980. Quanto à terminologia utilizada, verifica-se que há documentos denominados “mapas” ou “cartas” geotécnicas, sem que se tenha levado em conta aspectos necessários para o emprego do termo adequado. Oliveira (1983) recomenda o uso do termo “carta” para os 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 representados, distâncias etc.

A apresentação das informações é um dos pontos de maior importância do mapeamento geotécnico, pois é por meio dos documentos gráficos e memoriais descritivos que se faz a comunicação entre aqueles que elaboram os cartogramas e os usuários finais. A aceitação dos produtos cartográficos e o adequado aproveitamento dos dados neles contidos podem depender diretamente da forma de representação cartográfica adotada.

A representação cartográfica deve ser entendida como um trabalho técnico que visa comunicar uma idéia, sem dar margem a interpretações contraditórias, procurando a harmonia dos diversos componentes: símbolos, cores, toponímia; de modo a fornecer informações corretas ao usuário, não somente para garantia da beleza do documento final, mas também assegurando a qualidade das informações fornecidas. Assim, no início do processo de produção de qualquer tipo de documento cartográfico é necessário definir a forma de representação, ou seja, devem ser definidas as variáveis visuais adequadas para a comunicação cartográfica com o usuário.

Dentre os aspectos considerados na elaboração de cartas geotécnicas, existirão alguns de maior ou menor importância para cada região e que devem ser priorizados em função da relevância que representam na avaliação das características de interesse (Arnot e Grant, 1974 *apud* De Mío e Gandolfi, 1995).

O processo no qual se insere a definição de uma forma de representação cartográfica envolve a seleção de variáveis fundamentais para gerar o produto cartográfico final, que são as denominadas

variáveis interdependentes. Estas variáveis recebem este nome porque estão diretamente ligadas entre si, ou seja, a escolha de uma variável afeta a escolha das outras variáveis (Pugliesi, 2002).

As cinco variáveis interdependentes propostas pelo autor citado são:

Propósito: corresponde à definição precisa da finalidade para a qual o documento cartográfico será elaborado;

Área geográfica: trata-se da definição da localização, dimensão e delimitação da área de interesse;

Escala: corresponde à definição do nível de informação desejado;

Formato: tamanho em que o mapa será produzido, necessário para englobar a área considerada, na escala adotada; e

Projeção: definição da projeção a ser utilizada, visando assegurar uma menor deformação no processo de representação cartográfica da realidade.

Em complemento, Martinelli (1991) discute aspectos referentes ao uso de associações subjetivas que estão relacionadas com algumas reações do usuário a certos símbolos e variáveis visuais. Os principais aspectos abordados pelo autor citado são:

Forma: o uso de linhas contínuas causa a sensação de maior precisão, enquanto linhas pontilhadas causam a impressão de incerteza;

Cor: definida como uma variável visual muito sensível, causando sensações imediatas; por exemplo, a cor vermelha pode causar a impressão de alguma restrição ou risco, enquanto a cor verde pode indicar uma situação favorável;

Valor: elementos de maior importância devem ser representados por meio de cores mais escuras, já que este critério destaca a relevância do objeto representado;

Granulação: elementos de maior importância devem ser representados por meio de hachuras mais densas, já que este critério também acentua a relevância do objeto representado;

Tamanho: elementos de maior importância devem ser representados por meio de símbolos de maior dimensão; e

Orientação: a orientação da variável visual (hachuras, por exemplo), facilitam a distinção entre objetos de nível de importância semelhante.

Martinelli (1991) também considera que o uso destas variáveis visuais deve permitir que a leitura dos objetos cartografados possa ser feita de modo que os mesmos expressem sua diversidade/similaridade, ordem e proporcionalidade.

É importante destacar que as cores dão a idéia de seletividade entre os atributos. Mas é importante ter o cuidado quando utilizadas para um número muito grande de unidades, dado que visualmente não é possível que se tenha uma boa comunicação cartográfica. As cores, distribuídas corretamente, dão ao usuário a percepção de diversidade.

Quanto à codificação, é evidente que o uso de símbolos pictóricos facilita a leitura do documento produzido. Alternativamente, é comum o emprego de simbologia fundamentada em representações numéricas, por letras ou mistas (alfa-numéricas). Também deve-se considerar a alternativa de representações por meio de pontos, linhas e áreas (polígonos).

Teoricamente, a cartografia temática deveria seguir fielmente algumas normas e padrões existentes na cartografia brasileira. No entanto, não existe uma total sistematização dos procedimentos a serem adotados para que se obtenha um bom mapa, que atenda aos objetivos do executante e que, ao mesmo tempo, seja bem entendido pelos usuários. Para isto, é preciso considerar elementos básicos de cartografia e de semiologia gráfica, além de um pouco de bom senso. A percepção das informações tem supremacia sobre as informações da própria base cartográfica utilizada. Contudo, não se pode suprimir ou negligenciar informações importantes como a escala e legenda (Oliveira e Decanini, 2001).

No Brasil, o órgão responsável pelas convenções cartográficas é o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que adota os seguintes padrões para a representação das feições básicas que sempre são apresentadas em um mapa (Oliveira, 1988):

- *Hidrografia*: sempre que possível, por meio de símbolos que lembram água. Os mapas em preto-branco mostram os mares e lagos com linhas paralelas onduladas. Nos coloridos, o azul (ciano), tem sido a cor escolhida para os cursos d'água e as extensões hidrográficas.
- *Aspecto do solo*: a representação do terreno na carta é, em geral, o castanho. A própria simbologia que representa o modelado terrestre – as curvas de nível – é impressa nesta cor.
- *Vegetação*: a cor verde é universalmente usada para representar a cobertura vegetal.
- *Localidades*: em escalas grandes, o centro urbano é representado pela forma generalizada dos quarteirões, que compõem a área urbanizada construída. Em escalas médias, o centro urbano é representado por uma tonalidade rosa, (ou vermelho reticulado). Já em escalas pequenas, as localidades são representadas por pequenos símbolos quadrados ou circulares, em preto. Outras construções, como barragem, ponte, aeroporto, moinho, cata-vento, farol, olaria, etc., têm simbologia especial, mas quase sempre de caráter associativo.
- *Sistemas viários e de comunicação*: o sistema viário é apresentado em vermelho e preto, seguindo as classificações entre auto-estrada, rodovias, estradas pavimentadas ou não, e caminhos. Quanto às ferrovias, são representadas em preto, e são distinguidas quanto à bitola (normal, larga e estreita) e à indicação das estações. As vias de comunicação se resumem à linha telegráfica e às linhas de energia (de alta e baixa tensão), em preto.

A base topográfica é um elemento indispensável para os mapas que representam os atributos do meio físico. O relevo, representado pelas curvas de nível, transmite ao usuário muitas informações do meio físico. Muitos dados sobre as características e os comportamentos dos condicionantes geológico-geotécnicos podem ser obtidos apenas analisando-se a base topográfica. A representação da drenagem também é muito importante nas cartas geotécnicas.

Na presente abordagem também foi considerada a proposta de simbologia de representação cartográfica sugerida pela IAEG (1981), na qual são utilizados vários símbolos pictóricos que representam aspectos geológicos e geotécnicos de uma área, como sondagens, afloramentos, poços profundos, amostragens, fenômenos hidrogeológicos e hidrológicos, feições geomorfológicas e fenômenos geodinâmicos.

É interessante destacar a preocupação que as simbologias sugeridas pela IAEG têm com a escala de trabalho, pois os símbolos apresentados têm sua dimensão diretamente proporcional à escala adotada (grande, média e pequena). Esse cuidado é de fundamental importância para que seja facilitada a comunicação cartográfica para vários usuários de diferentes lugares que vierem a consultar o documento. Entretanto, a proposta da IAEG deve ser entendida como uma referência, devendo ser aprimorada, tanto quanto possível.

Zuquette e Gandolfi (2004), abordando o número de unidades de análise, afirmam que, para elaborar o mapa geotécnico de forma simples possível, é recomendado limitar o número de atributos a serem considerados, de maneira a resguardar a fidelidade do mapa, respeitando a finalidade desejada.

Com relação à análise das cartas geotécnicas, foram selecionados 40 documentos. Os Quadros 1 e 2 registram as informações obtidas nas fases de coleta e organização de dados, obtidos a partir da análise das cartas geotécnicas selecionadas. Os citados quadros síntese foram organizados de modo a registrar o título do estudo e/ou o autor, finalidade, local, escala de representação, simbologia (tipo de representação), número de unidades de análise e legibilidade da legenda.

A partir da análise das cartas geotécnicas selecionadas pode ser constatado que:

- são utilizados tanto o termo *carta quanto mapa* nos produtos cartográficos elaborados;
- há um predomínio de trabalhos realizados em escalas entre 1:25.000 a 1:100.000;
- a maior parte das cartas geotécnicas produzidas destina-se a subsidiar as ações de planejamento urbano e regional, com um número reduzido de trabalhos executados para atender a necessidade de resolução de problemas específicos;
- alguns documentos não apresentam todos os elementos essenciais, como legenda, orientação, escala, coordenadas, etc;
- a legibilidade das legendas de cerca de metade das cartas analisadas não foi considerada adequada;
- a grande maioria das cartas geotécnicas analisadas não adota a simbologia proposta pela IAEG, nem as convenções cartográficas fixadas pelo IBGE;
- há documentos apresentados em escalas grandes que utilizam hachuras e cores bem diferenciadas, mas outros documentos não permitem a diferenciação entre unidades de análise distintas;
- poucas cartas analisadas apresentam base topográfica;
- alguns documentos apresentam formatos muito pequenos ou muito grandes, o que dificulta a leitura ou o manuseio do documento pelo usuário;
- algumas cartas têm reduzido número de unidades de análise, enquanto outras apresentam número superior a cem, o que dificulta a percepção visual do usuário, ou seja não possibilitam a diferenciação entre as unidades de análise;
- na maioria das cartas analisadas os atributos cartografados são qualitativos, representados pela simbologia de área (unidade de análise ou unidade geotécnica);
- quando as unidades de análise são representadas por meio de cores, a leitura do documento é facilitada, exceto nos casos em que a produção de cartas digitais permite a utilização de um número de cores diferenciados pelo computador, mas não visíveis à acuidade visual humana;
- há documentos cartográficos que não apresentam adequada relação entre as variáveis interdependentes, por exemplo, são adotadas formas de representação que não são as mais indicadas para a escala de elaboração do documento, ou documentos produzidos em escalas que não são adequadas ante o tamanho da área de estudo;
- em muitas das cartas analisadas são utilizadas variáveis visuais que não permitem uma leitura adequada dos documentos produzidos, o que contraria as orientações para a elaboração de documentos cartográficos de qualidade.

Em síntese, a análise das cartas geotécnicas selecionadas permite concluir que a produção e a representação cartográfica destes documentos podem ser melhoradas.

Quadro 1 – Seleção das cartas geotécnicas do IPT.

NOME DO TRABALHO (Autores, ano)	FINALIDADE	ESCALA	REPRESENTAÇÃO (Simbologia)	N.º DE UNIDADES	LOCAL
Carta Geotécnica de São José dos Campos de 1996	Para área de expansão urbana	1:50.000	Hachura colorida	08	São José dos Campos - SP
Carta Geotécnica de São Bernardo do Campo de 1999	Planejamento à gestão do uso e ocupação do solo	1:25.000	Cor	05	São Bernardo do Campo - SP
Diniz <i>et al.</i> (2001)	Subsídio ao planejamento e gestão ambiental	1:25.000	Cor	09	Bertioga - SP
Diniz e Freitas (1998)	Planejamento e gestão de território	1:50.000	Cor	08	Bacia do rio Paraíba do Sul - SP
Diniz e Freitas (1998)	Planejamento e gestão de território	1:100.000	Cor	09	Bacia do rio Paraíba do Sul - RJ
Diniz e Freitas (2001)	Planejamento e gestão de território	1:100.000	Cor	08	Bacia do rio Paraíba do Sul – MG
Andrade (2001)	Plano Diretor	1: 50.000	Cores, números, letras e hachura	09	Guarulhos – SP
Andrade (2001)	Orientação para o assentamento urbano	1:50.000	Cores	09	Guarulhos – SP
Andrade (2001)	Plano Diretor	1:50.000	Cores, números, letras e hachura	09	Guarulhos – SP
Diniz <i>et al.</i> (2001)	Carta Geotécnica	1:10.000	Cores	06	Manaus – AM
Canil e Ridente Jr. (2001)	Expansão urbana	Gráfica	Cores	08	Presidente Venceslau - SP

4 – PROPOSTA DE REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA CARTAS GEOTÉCNICAS

A proposta de representação cartográfica para cartas geotécnicas foi elaborada considerando-se as convenções cartográficas fixadas pelo IBGE (1999) e as simbologias propostas pela IAEG (1981). Também foram consideradas as necessidades de adequada definição das variáveis interdependentes (propósito, área geográfica, escala, formato, projeção), bem como a definição das variáveis visuais (forma, cor, valor, granulação, tamanho, orientação). Em complemento, foram analisados elementos de semiologia gráfica, com ênfase à utilização de representações por meio de pontos, linhas e áreas (polígonos). Todos os parâmetros considerados visam possibilitar uma boa comunicação cartográfica.

Quadro 2 – Seleção das cartas geotécnicas da EESC.

NOME DO TRABALHO (Autores, ano)	FINALIDADE	ESCALA	REPRESENTAÇÃO (Simbologia)	N.º DE UNIDADES	LOCAL
Ferreria e Costa (2004)	Matérias de construção	1:10.000	Cor	03	Belém – PA
Ferreria e Pejon (2004)	Estudos geológico-geotécnicos	1:5.000	Hachura	14	São Pedro – SP
Marques e Zuquette (2004)	Seleção de áreas para aterros sanitários	1:50.000	Cor	04	Araraquara – SP
Nishiyama e Zuquette (2004)	Aterro sanitário	1:100.000	Cor	09	Uberlândia – MG
Pejon e Zuquette (1995)	Geotécnica (Metodologia)	1:100.000	Cor	49 (atributos)	Genérica
Gruber e Rodrigues (1995)	Gerenciamento	1:50.000	Hachuras	03	Cosmópolis - SP
Pejon e Zuquette (1995)	Zoneamento	1:100.000	Números	107	Folha de Piracicaba
De Mío e Gandolfi (1995)	Planejamento	1:100.000	Letras	12	Mogi-Guaçu - SP
Lollo e Gandolfi (1995)	Distinção entre materiais presentes na área	1:100.000	Letras	09	Leme - SP
Bastos e Souza (1996)	Zoneamento	1:250.000	Hachura	10 zonas	Feira de Santana – BA
Costa e Gandolfi (1996)	Mapeamento	1:25.000	Números	10	Campinas - SP
Romão e Souza (1996)	Mapeamento	Escala Gráfica	Hachura	07	Águas Claras - DF
Zuquette e Pejon (1996)	Zoneamento geotécnico	1:50.000	Números	16	Franca - SP
Macari e Rodrigues (1996)	Expansão Urbana	1:25.000	Alfanumérico	24	Campinas - SP
Aguiar <i>et al.</i> (1998)	Caracterização geotécnica	1:100.000	Cor	37	Distrito Federal
Almeida <i>et al.</i> (1998)	Mapeamento geotécnico	1:25.000	Hachuras e Números	06	Casa Branca – SP
Rodrigues e Pejon (1998)	Mapeamento geotécnico	1:10.000	Hachuras	03	Águas de Lindóia – SP
Gruber e Rodrigues (1995)	Mapeamento	1:25.000	Chaves Legenda	60	Campinas – SP
Bento e Frota (1998)	Mapeamento	1:50.000	Cor	05	Manaus – AM
Carvalho e Pastore (2001)	Geotécnica	1: 25.000	Letras e Símbolos	05	Distrito Federal – DF

Quadro 2 – Seleção das cartas geotécnicas da EESC. (Cont.)

NOME DO TRABALHO (Autores, ano)	FINALIDADE	ESCALA	REPRESENTAÇÃO (Simbologia)	N.º DE UNIDADES	LOCAL
Feres e Lorandi (1998)	Zoneamento	1: 20.000	Hachuras Cores	06	Rio Branco - AC
Rego Neto e Funke (1998)	Zoneamento	Não apresenta	Cores	07	Santa Catarina
Aguiar <i>et al.</i> (1998)	Mapeamento	1: 100.000	Cores	05	Distrito Federal
Aguiar e Gandolfi (1998)	Mapa de Combinação	1:100.000	Tabelas com as unidades	133	Distrito Federal
Mauro e Lollo (2001)	Carta de Suscetibilidade à Erosão	1:15.000	Cor	03	Campo Grande – MS
Liporaci e Rohm (2004)	Plano direto e gestão ambiental	1:10.000	Símbolos / cor	07	São Carlos – SP
Grecchi e Pejon (1998)	Zoneamento Geoambiental	1:25.000	Cores	16	Piracicaba – SP

Com relação às convenções cartográficas fixadas pelo IBGE (1999), o Quadro 3 resume os principais aspectos a serem considerados.

Quadro 3 – Convenções cartográficas fixadas pelo IBGE (1999).

HIDROGRAFIA	Representar, tanto quanto possível, por meio de símbolos que lembrem água. Os mapas em preto-branco mostram os mares e lagos com linhas paralelas onduladas. Nos coloridos, o azul (ciano), tem sido a cor escolhida para os cursos d'água e as extensões hidrográficas.
ÁREAS URBANAS	Em escalas grandes, o centro urbano é representado pela forma generalizada dos quarteirões, que compõem a área urbanizada construída. Em escalas médias, o centro urbano é representado por uma tonalidade rosa (ou vermelho reticulado). Já em escalas pequenas, as localidades são representadas por pequenos símbolos quadrados ou circulares, em preto. Outras construções, como barragem, ponte, aeroporto, moinho, cata-vento, farol, olaria, etc., têm simbologia especial, mas quase sempre de caráter associativo (símbolos pictóricos).
SISTEMAS VIÁRIOS E DE COMUNICAÇÃO	O sistema viário é apresentado em vermelho e preto, seguindo as classificações entre auto-estrada, rodovias, estradas pavimentadas ou não, e caminhos. Quanto às ferrovias, são representadas em preto, e são distinguidas quanto à bitola (normal, larga e estreita) e à indicação das estações. As vias de comunicação resumem-se à linha telegráfica e às linhas de energia (de alta e baixa tensão), em preto.
VEGETAÇÃO	A cor verde é universalmente usada para representar a cobertura vegetal.
TOPOGRAFIA	Representada pela cor sépia.

Em termos das variáveis interdependentes (Quadro 4), deve ser observado:

Quadro 4 – Considerações importantes das variáveis interdependentes.

PROPÓSITO	Deve-se considerar prioritariamente a necessidade dos usuários potenciais.
ÁREA GEOGRÁFICA	Deve ser definida de forma precisa, logo no início dos estudos.
ESCALA	<p>A escala controlará a quantidade de detalhes que podem ser mostrados (nível de informação). A escolha varia em função do propósito e da definição da área geográfica. Cada caso condiciona o tipo de escala ideal para comportar a representação desejada, aliada à precisão requerida. Trata-se de uma questão da necessidade ou não de uma exigência de detalhes. Para orientar a cartografia geotécnica a IAEG propôs a seguinte classificação para as escalas:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Grande: $\geq 1:10.000$ para finalidades específicas – Média: $1:10.000$ a $1:100.000$ para planejamento regional – Pequena: $\leq 1:100.000$ mapeamento de caráter geral
FORMATO	O tamanho relativo de uma carta, em dimensões de altura e largura, acha-se na dependência direta da forma da superfície da unidade cartografada, ou até mesmo, da própria folha de papel. Como se procura sempre a estética num produto cartográfico, e devido ao fato de certos formatos fugirem da regra, o que resta ao autor da carta, nestas oportunidades, é minimizar os exageros. O importante é que o autor tenha um bom aproveitamento de detalhes de um território com o seu esforço em prol da estética
TOPOGRAFIA	Deve-se levar em consideração a projeção que mais se ajusta à finalidade do projeto (em geral adota-se o Sistema Universal Transversa de Mercator - UTM).

O Quadro 5 apresenta as considerações que devem ser observadas na escolha das variáveis visuais.

Quadro 5 – Considerações importantes das variáveis visuais.

FORMA	O uso de linhas contínuas causa a sensação de maior precisão, enquanto linhas pontilhadas causam a impressão de incerteza.
COR	Definida como uma variável visual muito sensível, causando sensações imediatas; por exemplo, a cor vermelha pode causar a impressão de alguma restrição ou risco, enquanto a cor verde pode indicar uma situação favorável.
VALOR	Elementos de maior importância devem ser representados por meio de cores mais escuras, já que este critério destaca a relevância do objeto representado.
GRANULAÇÃO	Elementos de maior importância devem ser representados por meio de hachuras mais densas, já que este critério também acentua a relevância do objeto representado.
TAMANHO	Elementos de maior importância devem ser representados por meio de símbolos de maior dimensão.
ORIENTAÇÃO	A orientação da variável visual (hachuras, por exemplo), facilita a distinção entre objetos de nível de importância semelhante.

Outros aspectos que devem ser considerados na representação cartográfica de cartas geotécnicas são descritos no Quadro 6.

Quadro 6 – Aspectos complementares a serem considerados na representação cartográfica de cartas geotécnicas.

NÚMERO DE UNIDADES GEOTÉCNICAS	A representação cartográfica deve considerar os limites entre as unidades, a simbologia, características das unidades e uma forma para representar as variações verticais. Esses limites indicam uma mudança de propriedade e, portanto, de comportamento. Assim, é fundamental analisar a quantidade de unidades. Em muitos casos, as unidades preliminares necessitam de divisão ou agrupamento. As cartas geotécnicas devem limitar o número de unidades, caso contrário, não será possível, para o olho humano, distinguir claramente os atributos representados, quando o mapa for impresso.
BASE TOPOGRÁFICA	A base topográfica é um elemento indispensável para as cartas que representam os atributos do meio físico. O relevo representado pelas curvas de nível transmite muitas informações do meio físico ao usuário. Muitos dados sobre as características e os comportamentos dos condicionantes geológico-geotécnicos podem ser obtidos apenas analisando-se a base topográfica. A representação da drenagem também é muito importante nas cartas geotécnicas.
LAYOUT	O produto cartográfico final deve ser representado de forma clara e simples. Deve conter informações importantes como escala (numérica e/ou gráfica), base cartográfica, orientação (norte), projeção (coordenadas) e a data de elaboração, como também outras informações solicitadas e exigidas nas normas de referências bibliográficas. Além disso, o mapa dobrado deve ser apresentado no formato A4, devendo conter, no canto inferior direito, o carimbo de apresentação do documento.
LEGENDA	Um dos aspectos mais importantes para a comunicação é a legenda, que deve conter informações sobre toda a simbologia utilizada e seu significado. Devido à grande quantidade de informações geológico-geotécnicas, as cartas produzidas devem ser acompanhadas por um quadro legenda.
IMPRESSÃO	É importante considerar também, que o desenvolvimento da informática e a facilidade de obtenção de equipamentos e de softwares têm favorecido a cartografia geotécnica. Ao se converter um mapa em imagem, a ser apresentado tanto em meio analógico como digital, deve-se ter a preocupação com a resolução da imagem final, já que nem sempre o que vemos nitidamente na tela resultará numa boa apresentação final, quando impresso.

Considerando-se que é necessário que qualquer documento cartográfico geotécnico possua uma linguagem que atenda aos interesses de seus usuários e, que desta forma, possa cumprir com sua função principal, deve-se fazer uso de todos os meios possíveis de representação cartográfica, como cores, hachuras, símbolos, convenções cartográficas e outros, tomando-se como referência – e aprimorando – a proposta de representação cartográfica descrita no presente artigo.

5 – AGRADECIMENTOS

Os autores registram seus agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor do presente artigo.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, R. L.; Gandolfi, N. (1998) *Zoneamento Geotécnico Geral e sua Inscrição no Processo de Gestão ambiental*. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis – SC (CD-ROM).
- Aguiar, R. L.; Gandolfi, N.; Souza, N. M. (1998) *Estudos para a Determinação da Vulnerabilidade do Meio Físico do Distrito Federal – Brasil*. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis – SC (CD-ROM).
- Aguiar, R. L.; Gandolfi, N.; Souza, N. M. (1998) *Caracterização Geotécnica dos Materiais Inconsolidados do Distrito Federal*. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis – SC (CD-ROM).
- Andrade, M. R. M. (2001) *Carta Geopedológica do Município de Guarulhos-SP. Base de Orientação para o Assentamento Urbano*. 4º Simpósio de Cartografia Geotécnica, Brasília – DF (CD-ROM).
- Almeida, L. C. R.; Lara, A. A.; Marques, E. A. G.; Caula & Silva, A. M.; Amaral, C. P. (1998) *Mapeamento de Cadastro de Pontos de Riscos Geológico-Geotécnicos em Vias Públicas: O Exemplo da Avenida Menezes Cortes – RJ*. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis – SC (CD-ROM).
- Bastos, G.; Souza, N. M. (1996) *Zoneamento Geotécnico Geral da Região de Feira de Santana – BA*. 2º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, São Carlos, pp. 87-92.
- Bento, A. H.; Frota, C. A. (1998) *Mapeamento Geotécnico de Manaus – AM*. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis – SC (CD-ROM).
- Bertin, J. (1978) *Théorie de la Communication et Théorie Graphique*. In: Melanges Charles Morazé, Toulouse: PRIVAT.
- Bos, E. S. (1984) *Systematic Symbol Design in Cartographic Education*. ITC Journal Holland.
- Canil, K.; Ridente JR, J. L. (2001) *Estudo para Seleção de Áreas para Expansão Urbana no Município de Presidente Venceslau, SP*. 4º Simpósio de Cartografia Geotécnica, Brasília – DF (CD-ROM).
- Carvalho, R. M.; Pastore, E. L. (2001) *Cartografia Geotécnica na Avaliação de Riscos Ambientais da duplicação da rodovia BR 070 no Distrito Federal*. 4º Simpósio de Cartografia Geotécnica, Brasília – DF (CD-ROM).
- Cerri, L. E. S. (1990) *Carta Geotécnica: Contribuições para uma Concepção voltada às necessidades brasileiras*. 6º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Salvador, v. 1, pp. 35 – 41.
- Cerri, L. E. S.; Akiossi, A.; Augusto Filho, O.; Zaine, J. E. (1996) *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*. 8º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Rio de Janeiro, ABGE, v. 2, pp. 537-548.

- Costa, T. C. D.; Gandolfi, N. (1996) *Caracterização geotécnica de Materiais Inconsolidados da Porção NE do Município de Campinas, Escala 1:25.000*. 2º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, São Carlos, pp. 101-110.
- De Mio, G.; Gandolfi, N. (1995) *Cartografia Geotécnica da Região de Mogi-Guaçu/São Paulo*. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, Volume especial, pp. 99-105.
- Dent, B. D. (1993) *Introduction Thematic Mapping: Thematic Mapping Desing*. Wm. C. Brown Publishers Dubuque.
- Diniz, N. C.; Freitas, C. G. L. (1998) *Mapa dos Condicionantes Físico-Ambientais da Bacia do Rio Paraíba do Sul*. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis – SC (CD-ROM).
- Diniz, N. C.; Bitar, O. Y.; Forta, C. A.; Bento, A. H.; Silva Filho, E. G.; Souza, M. M.; Carvalho, F. P.; Bandeira, M. I. V. B.; Salles, E. R.; Costa, M. O.; Oliveira, M. A. (2001) *Carta Geotécnica de Manaus como Resultado de Parceria Institucional*. 4º Simpósio de Cartografia Geotécnica, Brasília – DF (CD-ROM).
- Diniz, N. C.; Ogura, A. T.; Freitas, C. G. L.; Macedo, E. S.; Campagnoli, F. Almeida, M. C. J.; Oliveira, M. A.; Velzi, P. (2001) *Aspectos Relevantes dos Estudos Específicos de Processos do Meio Físico na Confecção da Carta Geotécnica de Bertioga – SP*. 4º Simpósio de Cartografia Geotécnica, Brasília – DF (CD-ROM).
- Feres, R.; Lorandi, R. (1998) *Adequabilidade do Terreno de Fundo de Vale do Igarapé Maternidade (Rio Branco-AC) como Suporte para Obras Viárias*. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis – SC (CD-ROM).
- Ferreira, M. D.; Costa, T. C. D. (2004) *Mapa de Materiais Inconsolidados e Viabilidade de Usos como Materiais Naturais de Construção da Região de Aurá – Região Metropolitana de Belém (PA)*. 5º Simpósio de Cartografia Geotécnica, São Carlos, pp. 75-85.
- Ferreira, M. D.; Pejon, O. J. (2004) *Elaboração do Mapa de Materiais Inconsolidados em Áreas Degradadas por Processos Erosivos: Bacia do Córrego do Tucum São Pedro (SP)*. 5º Simpósio de Cartografia Geotécnica, São Carlos, pp. 141-150.
- Grecchi, R. C.; Pejom, O. J. (1998) *Estudos Geoambientais da Região de Piracicaba (SP), com auxílio de Imagem de Satélite e de Sistema de Informação Geográfica*. 3º Simpósio de Cartografia Geotécnica, Florianópolis – SC (CD-ROM).
- Gruber, G. A. G.; Rodrigues, J. R. (1995) *Carta de Erodibilidade da Folha de Cosmópolis, São Paulo - auxílio ao Gerenciamento do Meio Físico*. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, Volume especial, pp. 57-64.
- IAEG Commission on Engineering Geological Mapping (1981) *Rock and Soil description and Classification for Engineering Geological Mapping*. Bulletin of the Internacional Association of Engineering Geology, Krefeld, nº 24.
- IAEG; Unesco (1976) *Guide pour la préparation des cartes géotechniques*. Paris: Lês Press de l'Unesco.
- IBGE (1999) *Noções Básicas de Cartografia / Manuais Técnicos e Geociências*. Nº 8, Rio de Janeiro.
- Keates, J. S. (1973) *Cartographic Design and Production*. Harlow, Grã-Bretanha: Longman, 240p.

- Liporaci, S. R.; Röhm, S. A. (2004) *Mapas geológico e pedológico da bacia do Rio Monjolinho na escala 1:10.000, para a região da cidade de São Carlos (SP). Uma contribuição às novas diretrizes do plano diretor e à gestão ambiental*. 5º Simpósio de Cartografia Geotécnica, São Carlos, pp. 23-30.
- Lollo, J. A.; Gandolfi, N. (1995) *Tentativa de Utilização de Variáveis Morfométricas de perfis de Vertentes para o Zoneamento Preliminar do Meio Físico: o caso da folha de Leme, São Paulo*. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, Volume especial, pp. 107-114.
- Macari, R.; Rodrigues, J. E. (1996) *Mapa de Materiais Inconsolidados da Área de Expansão Urbana do Município de Campinas, Porção Noroeste, escala 1:25.000*. 2º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, São Carlos, pp. 221-231.
- Marques, G. N.; Zuquette, L. V. (2004) *Aplicação da técnica AHP para Seleção de Áreas para Aterros Sanitários – Região de Araraquara (SP)*. 5º Simpósio de Cartografia Geotécnica, São Carlos, pp. 263-272.
- Martinelli, M. (1991) *Curso de cartografia temática*. São Paulo: Contexto.
- Mauro, J. R.; Lollo, J. A. (2001) *Carta de Susceptibilidade à Erosão na Bacia do Prosa – Campo Grande (Ms)*. 4º Simpósio de Cartografia Geotécnica, Brasília – DF (CD-ROM).
- Nishiyama, L.; Zuquette, L.V. (2004). *Procedimentos de mapeamento geotécnico para indicação de áreas adequadas para aterro sanitário: aplicação no município de Uberlândia – MG*. 5º Simpósio de Cartografia Geotécnica, São Carlos, pp. 273-286.
- Oliveira, C. (1983) *Dicionário Cartográfico*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Oliveira, C. (1988) *Curso de Cartografia Moderna*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Oliveira, K. C. L.; Decanini, M. M. S. (2001) *Projeto e Produção Cartográfica do Guia Turístico eletrônico das Represas Paulistas para Internet*. Revista Brasileira de Cartografia, nº54.
- Pejon, O. J.; Zuquette, L.V. (1995) *Mapeamento Geotécnico Regional na Escala 1:100.000 – Considerações Metodológicas*. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, Volume especial, pp. 23-29.
- Pugliesi, E. A. (2002) *Desenvolvimento de Mapa Dinâmico para Sistema de Navegação Terrestre*. Dissertação de Mestrado – FCT/UNESP, Presidente Prudente.
- Rego Neto, C. B.; Funke, D. S. (1998) *Proposta Metodológica para o Planejamento do Uso do Solo com a Utilização de Cartas do Meio Físico*. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis – SC (CD-ROM).
- Rodrigues, L. E. Pejon, O. J. (1998) *A importância dos Landforms na Elaboração das Cartas de Suscetibilidade à Erosão*. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis – SC (CD-ROM).
- Romão, A.; Souza, N. (1996) *Mapeamento Geotécnico da Região de Águas Claras, DF: Utilização de Geoprocessamento*. 2º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, São Carlos, pp. 155-163.
- Vallejo, L. G; Ferrer, M.; Ortuño, L.; Oteo, C. (2002) *Ingeniería Geológica*. Editora Prentice Hall: Madrid, España.
- Zuquette, L. V. (1987) *Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para as Condições Brasileiras*. São Carlos, SP. (Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos/USP).
- Zuquette, L. V.; Pejon, O. J. (1996) *Carta de zoneamento geotécnico geral da região de Franca – SP*. 2º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, São Carlos, pp. 165-174.
- Zuquette, L. V.; Gandolfi, N. (2004) *Cartografia Geotécnica*. Oficina de Textos: São Paulo.