

IV Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica

585
2/11/01

Comissão Organizadora

Presidente de Honra: Nilson Gandolfi (EESC/USP; IGCE/UNESP)

Presidente: Newton Moreira de Souza (Geotecnia/UnB)

Secretaria: Ana Cristina S. Strava Corrêa (Geotecnia/UnB)
Ricardo Vedovello (IG/SP)

Comissão Técnica: Leandro Eugênio da Silva Cerri (IGCE/UNESP)
Maria Lúcia Calijuri (UFV)
Maria José Brollo (IG/SP)
Osni José Pejon (EESC/USP)
Regina Davison Dias (UFSC)

Tesoureiro: Paulo Jorge Rosa Carneiro (UCB)

Apoio Organizacional: Claudia Márcia Coutinho Gorjão (Geotecnia/UnB)
Fábio Henrique de Sousa Coelho (Geotecnia/UnB)
Idemilson Donizete Mariano do Prado (Geotecnia/UnB)
Kátia da Silva Duarte (Geotecnia/UnB)
Luís Sozinho Abel (Geotecnia/UnB)
Marisaides Cruz Lima (Geotecnia/UnB)
Patrícia de Araújo Romão (Geotecnia/UnB)

Consultores Técnicos: Agostinho T. Ogura (IPT)
Carlos Geraldo L. de Freitas (IPT)
César Augusto Burquert Bastos (UFRG)
Consuelo Alves da Frota (UFAM)
Eduardo Soares de Macedo (IPT)
Emílio Barroso (UFRJ)
Frederico Sobreira (UFOP)
Gerson Salviano Almeida (IPT)
Glaci Trevisan Santos (UFSC)
José Augusto de Lollo (UNESP)
José Eduardo Zaine (UNESP)
José Luis Ridente Jr (IPT)
Josué Alves Barroso (UENF)
Nilson Gandolfi (EESC/USP; IGCE/UNESP)
Noris Costa Diniz (IPT)
Omar Yazbec Bitar (IPT)
Paulo Rosa Carneiro (UCB)
Renato F. Guimarães (UnB)
Rodolfo Moreira de Castro (UFES)
Sergio Monthezuma S. Guerra (CPRM)

Diretoria da ABGE – Gestão 2000/2002

Presidente Wilson Shoji Iyomasa
Vice-Presidente Francisco Nogueira de Jorge
Diretor Secretário Luiz Antônio Pereira de Souza
Diretor Financeiro Giacomo Re
Diretor de Eventos Amarilis Lúcia C. F. Fallardo

Conselho Deliberativo

Titulares

Wilson Shoji Iyomasa, Leandro Eugênio da Silva Cerri, Luiz Ferreira Vaz, Milton Assis Kanji, Amarilis Lúcia C. F. Fallardo, Francisco Nogueira de Jorge, José Eduardo Rodrigues, Giacomo Re, Luiz Antonio Pereira de Souza

Suplentes

Hugo Cássio Rocha, Oswaldo Augusto Filho, Antônio Marrano, Delfino Luiz Gouveia Gambetti, Paula Baillot, Ricardo Vedovello, Marcos A. Mattiussو Marques, Altimar Francisco C. Silva, João Augusto Mattos Pimenta

02 a 06/09/2001

Brasília - DF

N

IV Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica

ORGANIZAÇÃO

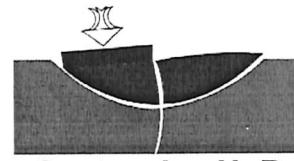


Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental

APOIO



COMISSÃO ORGANIZADORA



Geotecnia - UnB

**PROCEDIMENTOS PARA A HIERARQUIZAÇÃO DE ÁREAS PARA ATERROS
SANITÁRIOS A PARTIR DE RESULTADOS DE MAPEAMENTOS GEOTÉCNICOS:
APLICAÇÃO NA REGIÃO DE CAMPINAS, SP**

José Alberto Felipe BASILIO
Fundação Educacional de Fernandópolis
basilio@acif.com.br

Nilson GANDOLFI
Escola de Engenharia de São Carlos - USP

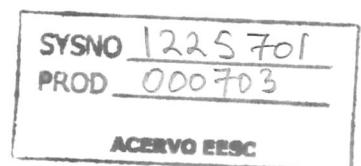
Lázaro Valentim ZUQUETTE
Escola de Engenharia de São Carlos – USP

Resumo

O presente trabalho estabelece uma seqüência de procedimentos voltados à elaboração de uma carta específica para a hierarquização de áreas destinadas à implantação de aterros sanitários, utilizando-se os resultados de mapeamentos geotécnicos com finalidade geral, previamente desenvolvidos.

A sistemática proposta foi aplicada na região de Campinas, situada entre as longitudes $47^{\circ} 00'00''$ e $47^{\circ} 15' 00''$ W, e as latitudes $22^{\circ} 45'00''$ e $23^{\circ} 00'00''$ S, totalizando 710 km^2 . Considera cinco níveis de documentos cartográficos, elaborados a partir da combinação dos atributos em ordem crescente de complexidade. A combinação destes documentos resulta em uma carta contendo grupos de unidades que tentam refletir as potencialidades do meio físico para a recepção de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários. Está direcionada à elaboração de cartas em escala regional (1: 50 000 a 1: 100 000), de caráter orientativo, que permitam aos usuários decidir por locais de maior interesse para suprir as necessidades de disposição de volumes variados de resíduos por um período de tempo previsto como vida útil da obra, evidenciando os aspectos negativos e consequentemente, as dificuldades a serem contornadas, e os investimentos necessários para tal implantação.

Palavras-Chaves: Resíduos sólidos urbanos, aterros sanitários, mapeamento geotécnico, hierarquização de áreas.



Introdução

O aumento da população e da urbanização, aliado a padrões de produção e consumo não sustentáveis, tem levado a um aumento sem precedentes da quantidade e variedade dos resíduos. Na maioria das cidades brasileiras, o lixo urbano ainda não está sendo encarado como um grande problema, tanto ao meio físico quanto ao antrópico. Os resíduos geralmente são depositados sem qualquer preocupação com as características do meio natural ou com as atividades sócio-econômicas das proximidades das áreas destinadas a este fim.

Com o crescente interesse no gerenciamento e na disposição dos resíduos sólidos urbanos, esforços para minimizar a produção de lixo, reciclar e reutilizar materiais são algumas das políticas de gerenciamento do lixo adotadas por boa parte dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Entretanto, mesmo com o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento, o aterramento continua sendo o método de disposição mais usado em todo o mundo (CARVALHO, 1999).

Levando em consideração esses fatores, ZUQUETTE et al. (1994) desenvolveram uma metodologia adequada à análise e escolha das melhores áreas para a disposição de resíduos, indicando, entre outros aspectos, os atributos que devem ser levantados e analisados. BASILIO (2001), com base na metodologia citada, estabeleceu uma seqüência de procedimentos a serem adotados quando da análise de dados existentes nos mapeamentos geotécnicos de caráter geral, com a finalidade de se confeccionar uma carta específica de seleção de áreas para aterros sanitários, que serão aqui sintetizados.

Objetivo

O objetivo deste trabalho é estabelecer os procedimentos básicos para, a partir de dados produzidos em mapeamentos geotécnicos, desenvolver um modelo de análise e tratamento desses dados, visando à confecção de uma carta orientativa para seleção de áreas destinadas à implantação de aterros sanitários, com base na metodologia de ZUQUETTE et al. (1994). O documento final produzido deve refletir as potencialidades do meio para o fim desejado, e o processo deve permitir a automação utilizando-se dos programas computacionais disponíveis no mercado que possibilitem o tratamento de dados espaciais e análises multicriteriais.

Metodologia

BASILIO (2001), com base em dados de mapeamentos geotécnicos, estabelece uma seqüência de procedimentos voltados à geração de uma carta que reflete as características geotécnicas do meio para a recepção de resíduos confinados em aterros sanitários.

Partindo dos atributos e classes parametrizados por ZUQUETTE et al. (1994) , estabelece uma hierarquização dos mesmos em função de suas propriedades e grau de interferência nos processos envolvidos em aterros sanitários, agrupando-os em conjuntos que permitam a geração de documentos cartográficos, utilizando-se das bases comuns a todos os mapeamentos geotécnicos, quais sejam: o mapa topográfico, o mapa geológico, o mapa de material inconsolidado e a carta de declividade (Figura 1). Cada agrupamento define uma carta geotécnica que, combinadas entre si, conforme fluxograma da Figura 2, resultam em uma carta específica para seleção de áreas para aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

Resumidamente, os passos para a obtenção da carta final podem ser assim descritos:

1. levantamento e análise criteriosa dos dados existentes e, em função dos mesmos, definição da escala de apresentação dos cartogramas produzidos;
2. identificação dos atributos definidos na Figura 1, que podem ser obtidos diretamente a partir dos documentos e dados existentes;
3. análise dos dados disponíveis para verificação da possibilidade de obtenção, de maneira indireta, dos atributos faltantes;
4. decisão sobre a necessidade, ou não, de trabalhos de campo para a obtenção de algum atributo essencial à definição das características do meio físico, e que não puderam ser obtidos com os dados disponíveis;
5. digitalização dos elementos principais da carta topográfica que servirá de mapa-base para a confecção do conjunto de documentos a serem produzidos. Este procedimento permite a reprodução de bases iguais para o lançamento dos dados existentes, gerando documentos mais precisos e preparando o processo para a automatização;
6. impressão dos mapas-base em papel que sofra a menor deformação possível (Polyester ou assemelhados), minimizando-se assim erros no processo cartográfico;
7. lançamento, sobre o mapa-base, utilizando-se dos dados existentes, das unidades pré-estabelecidas no Agrupamento 1. O resultado é um documento (Carta 1) que retrata as condições de nível d'água menores do que 5 m e áreas alagadas ou inundáveis;

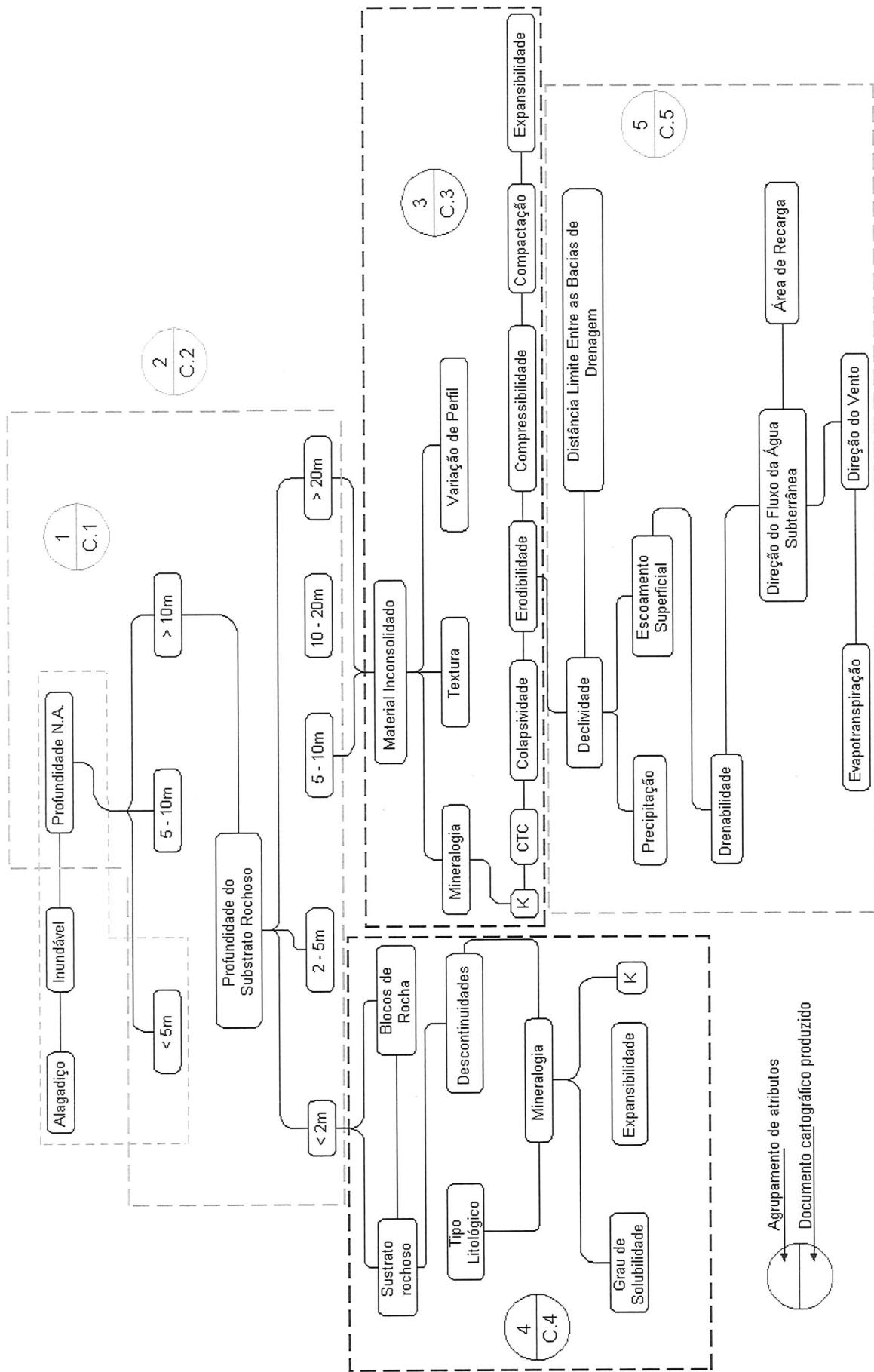


FIGURA 1 - Fluxograma da metodologia para a caracterização de áreas para implantação de aterros sanitários

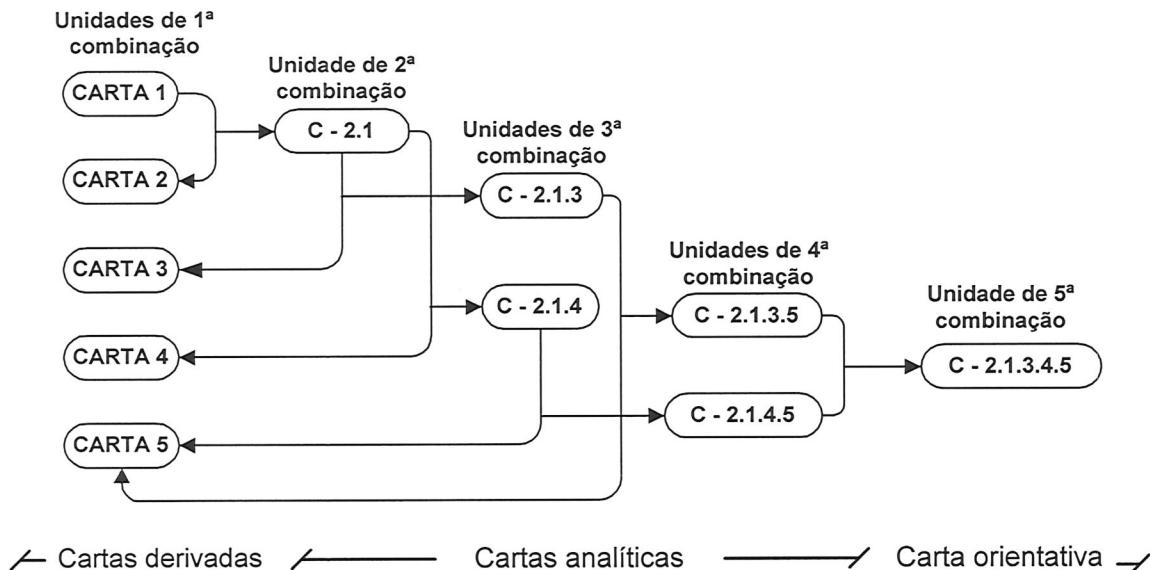


FIGURA 2 – Fluxograma de combinação das cartas

8. por sobreposição com o mapa de material inconsolidado e do substrato rochoso existentes, delimitam-se as unidades de acordo com a parametrização definida no Agrupamento 2. Origina-se, assim, uma Carta que relaciona as profundidades do substrato rochoso com as profundidades do nível d'água (Carta 2);
9. tomando-se o mapa de material inconsolidado como base, redefinem-se as unidades existentes no documento cartográfico original, em função da análise dos atributos delimitados no Agrupamento 3, com base no grau de interferência no processo. Resulta uma carta de materiais inconsolidados reclassificados em função das exigências impostas ao meio físico pelos aterros sanitários (Carta 3);
10. a partir do mapa do substrato rochoso existente, e em função dos atributos do Agrupamento 4, reclassificam-se as unidades anteriormente mapeadas, e gera-se por este processo uma carta do substrato rochoso reclassificado (carta 4);
11. partindo-se da carta de declividade existente, reclassificam-se as classes em função da parametrização feita no Agrupamento 5. Delimitam-se as bacias de ordem 3, as zonas de recarga e definem-se as direções preferenciais de fluxo da água subterrânea. Resulta deste processo a Carta 5, aqui denominada de Carta de Unidades Reclassificadas da Declividade;
12. definir se o processo vai ser automatizado ou manual. Se a opção recair sobre o primeiro, digitalizar as cartas 1 a 5 e tratar os dados em um SIG;

13. proceder à sobreposição das cartas conforme o fluxograma da Figura 2, obtendo-se assim documentos intermediários, cuja função é servir como um controle cartográfico sobre as unidades geradas, uma vez que seu número cresce consideravelmente a cada sobreposição;
14. na sobreposição da Carta 5 com as demais, utilizar, inicialmente, somente as unidades definidas em função da declividade, deixando os demais atributos para serem analisados posteriormente, quando as áreas mais favoráveis à disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) forem identificadas;
15. a partir da análise da Carta final, e levando-se em consideração as condições sócio-econômicas, técnicas e a legislação existente, podem-se estabelecer as condições de contorno de similaridade, gerando-se assim um documento final de áreas homogêneas hierarquizadas versus tipos de aterros indicados em função das retrições do meio físico.

Aplicação dos Procedimentos Metodológicos

A verificação dos procedimentos estabelecidos foi feita para a região coberta pela Folha Campinas (Mapa Topográfico, IBGE 1: 50 000), em razão do bom número de trabalhos de mapeamento geotécnico existentes e realizados em várias escalas (ZUQUETTE, 1987; ZUQUETTE & GANDOLFI, 1990; COSTA, 1996; MACARI, 1996; BACHION, 1997; GOMES, 1997).

Em função da qualidade e quantidade dos dados produzidos por ZUQUETTE (1987), optou-se pela sua utilização, tendo os demais documentos servido de apoio à tomada de algumas decisões no decorrer do processo.

A região objeto de estudo está localizada na porção centro-leste do estado de São Paulo, entre as longitudes 47°00'00" e 47°15'00" W e as latitudes 22°45'00" e 23°00'00" S (Figura 3). Cobre uma área de 710 Km² e abrange os municípios de Americana, Campinas, Monte Mor, Paulínia, Sumaré e Valinhos.

Situando-se em uma zona de transição entre dois compartimentos geomorfológicos distintos, tem sua porção oeste e parte da nordeste na Depressão Periférica e o restante no Planalto Atlântico. Afloram nesta região rochas pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná, representadas por argilitos, siltitos, arenitos e lamitos do Grupo Tubarão (Carbonífero),

diabásios do Grupo São Bento (Juro-Cretáceo) e granitos e gnaisses do Complexo Amparo (Proterozóico).

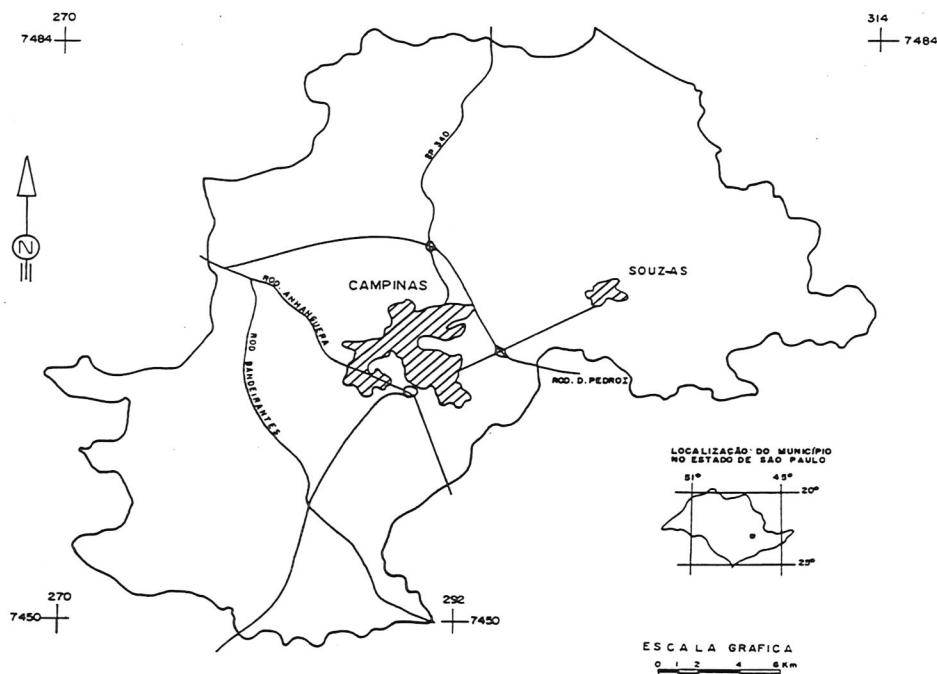


FIGURA 3 – Mapa de localização

Os materiais inconsolidados caracterizados geotecnicamente por ZUQUETTE (1987) estão representados por: a) materiais residuais do diabásio, do granito/gnaisse, do arenito fino e do argilito/siltito; b) materiais mistos (residuais com algum indício de retrabalhamento), representados por: mistos do diabásio e dos finos do Sub-Grupo Itararé (Grupo Tubarão), materiais intermediários e oriundos dos argilitos/siltitos; c) materiais retrabalhados, representados por materiais aluvionares, materiais ocorrendo em depressões e materiais arenosos.

Conclusões

A opção de aplicação dos procedimentos propostos recaiu sobre a confecção das cartas por processo manual, pois o controle sobre os documentos gerados é maior. Foram confeccionadas 11 cartas, produzidas por sobreposição conforme o fluxograma da Figura 2.

O documento final produzido por este processo contém um grande número de unidades diferentes, o que, aparentemente, o torna complexo. No entanto, sua análise mostra que o planejador, de posse do mesmo, tem uma visão muito mais detalhada das características do

meio que interagem com os aterros sanitários e pode, com isso, decidir pela escolha de locais que melhor atendam a suas necessidades, em função das condições sócio-econômicas de cada município, das quantidades e do tipo de resíduo gerado.

As cartas de zoneamento específicas para seleção de áreas para aterros sanitários, contendo unidades homogêneas, classificadas em geral como restritivas, severas, moderadas ou favoráveis, embora bem mais simples de se analisar, restringem o poder de decisão do planejador e podem levar a uma escolha de locais que não sejam os mais apropriados em função das características do dispositivo que se deseja instalar. Assim, embora bem mais complexo, o documento final gerado pelo processo descrito neste artigo tem uma grande utilidade e sugere-se que o mesmo seja produzido em qualquer mapeamento específico para aterro sanitário.

Referências Bibliográficas

- BACHION, M.L. *Mapeamento geoténico das áreas urbana e de expansão da região sudoeste do município de Campinas-SP*. Escala 1:25.000. São Carlos, 1997, 2v. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BASILIO, J.A.F. *Procedimentos para caracterização preliminar de áreas para aterros sanitários a partir de cartas geotécnicas: aplicação na folha de Campinas, SP*. Rio Claro, 2001. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP.
- CARVALHO, M. De F. *Comportamento mecânico de resíduos sólidos urbanos*. São Carlos, 1999. Tese (Doutorado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- COSTA, T.C.D. da. *Mapeamento geoténico da porção NE de Campinas-SP*. Escala 1:25.000. São Carlos, 1996, 2v. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- GOMES, R.L. *Mapeamento geoténico da área de expansão urbana da região sudeste do município de Campinas-SP*. Escala 1:25.000. São Carlos, 1997, 2v. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MACARI, R. *Mapeamento geotécnico da porção NW da área de expansão urbana do município de Campinas*. Esc. 1:25.000. São Carlos, 1996, 2v. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ZUQUETTE, L.V., GANDOLFI, N. Mapeamento geotécnico da Folha de Campinas – escala 1:50.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, 1990, Salvador. *Anais...* Salvador: ABGE, 1990. v.1, p.231-241.

ZUQUETTE, L. V et al. Methodology for Specific Engineering Geological Mapping for Selection of Sites for Waste Disposal. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGISTS, 7, 1994, Lisboa, *Proceedings....* Lisboa: A.A. Balkema, 1994, v.4, p.2481-2489.