Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

**A influência da ação antrópica na classificação dos materiais
inconsolidados da cidade de Ouro Preto - MG**

Marta Luzia de Souza, Lázaro Valentin Zuquette

Pesquisas em Geociências, 28 (2): 325-336, maio/ago., 2002.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/20306>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - maio/ago., 2002.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

A influência da ação antrópica na classificação dos materiais inconsolidados da cidade de Ouro Preto – MG

MARTA LUZIA DE SOUZA¹ & LÁZARO VALENTIN ZUQUETTE²

¹ Departamento de Geografia – Universidade Estadual de Maringá – UEM – Av. Colombo, 5790
CEP: 87020-900 – Maringá – PR. e-mail: mlsouza@uem.br

² Departamento de Geotecnia – Escola de Engenharia de São Carlos – USP – Av. dos Trabalhadores
São-Carlense, 400 CEP: 13560-970 – São Carlos – SP. e-mail: lazarus1@sc.usp.br

(Recebido em 10/01. Aceito para publicação em 05/02)

Abstract - Many authors consider anthropogenic activity one of the most active modifying agents on the physical environment. Its intrinsic relationship with other environmental factors such as water, unconsolidated materials, rocky substrata, ground relief and others should be more intensely studied. In the current research the procedures and results in the classification of unconsolidated materials in the Brazilian town of Ouro Preto are provided. Materials were analyzed according to their genesis and evolution, relative thickness, position in relief and lateral distribution. Field and lab assays were undertaken in specific sites of samples. The latter were determined by geomorphologic criteria so that homogeneous units throughout the area could be obtained. With regard to their genesis and evolution the unconsolidated materials were first classified into residual (saprolite and developed) and re-worked material (colluvial, talus and alluvial). However, a new class was required and has since been included in the analysis. It comprised materials associated with anthropogenic (technogenic) activities hailing from mining refuse, non-compacted earthwork and debris deposits. Due to their texture and structure these materials could not fit in the residual and re-worked classification. Features produced by anthropogenic activities were classified according to their density (number of features) in sand extension (m²) and significant quantity of these forms. A new type of class of materials was thus required. Eighteen units, divided into basic and composed, were selected. Criterion of separation was due to isolated and sets of occurrences of materials related to differences in origin and type of human activity. Results showed the importance anthropogenic activities have on physical environment. In the future the anthropogenic or technogenic factor should be taken into account in all analyses.

Keywords - human activity, physical environment, residual materials.

INTRODUÇÃO

As ações antrópicas são consideradas por vários autores como alguns dos mais ativos agentes modificadores do meio físico atual, por exemplo, na implantação de obras civis como núcleos urbanos, estradas, barragens, etc., nas atividades mineradoras e agropecuárias, entre outros usos exploratórios desse meio (Nir, 1983; Ter Stepanian, 1988; Santos *et al.*, 1990; Peloggia, 1998). É necessário que seja cada vez mais, estudada a ocorrência dos atributos do meio físico; água, materiais inconsolidados, substrato rochoso, relevo, etc; com as interferências que as ações antrópicas exercem nesses atributos, quando da análise do meio físico. Esse assunto vem sendo abordado com maior frequência a partir da proposta de Ter Stepanian (1988), que sugere que o período Holoceno seja considerado a transição do período Quaternário para o novo período proposto o Quinário ou Tecnógeno, tendo como característica marcante os efeitos das ações antrópicas sobre a dinâmica natural do planeta.

Diversos trabalhos tratando desta temática vêm sendo executados na cidade de Ouro Preto desde a década de 60. A exploração de bens minerais (ouro,

pirita, bauxita e sulfetos) naquela área teve seu início no séc. XVIII, e, conseqüentemente as ações antrópicas, relacionadas com as características peculiares do meio físico da região, colaboraram para a ocorrência de diversas atividades desestabilizadoras do meio físico. Com o objetivo de estudar esse meio sob o ponto de vista geotécnico, foi desenvolvida a caracterização dos materiais inconsolidados de modo a se oferecer um suporte fundamental no processo de mapeamento geotécnico desenvolvido por Souza (1996), para analisar a susceptibilidade aos movimentos de massa (escorregamentos, quedas e corridas de materiais, ras-tejo, tombamentos e movimentos complexos) e processos correlatos (erosões e assoreamentos), que ocorrem na área estudada.

A análise do comportamento dos materiais inconsolidados quanto à gênese e evolução, espessuras relativas, posição no relevo e distribuição lateral, visa a correlacionar as variáveis identificadas com as análises de susceptibilidades. Este tipo de análise possibilita que as informações obtidas pontualmente, possam ser agrupadas em diferentes unidades encontradas. Estas podem ser representadas por meio de tabelas e documentos cartográficos.

CARACTERIZAÇÃO BÁSICA DA ÁREA

Localização: a cidade de Ouro Preto encontra-se a 80km a sul da cidade de Belo Horizonte, posicionada entre os meridianos 43°32'01"-43°27'25"W e os paralelos 20°24'05"-20°21'36"S, totalizando uma área aproximada de 45 km² (Fig. 1);

Substrato Rochoso: regionalmente a área pesquisada encontra-se na porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero e inserida na aba sul da megaestrutura denominada de Anticlinal de Mariana. O substrato rochoso é constituído por uma associação de rochas metamórficas, duras e brandas do ponto de vista geotécnico formadas, principalmente, por xistos, filitos, dolomitos, itabiritos e quartzitos, rochas estas pertencentes aos Supergrupos Rio das Velhas (Arqueano) e Minas (Proterozóico Inferior). As espessuras dos perfis de alteração variam basicamente entre 0,5cm e 15m,

e os perfis mais característicos desta área encontram-se bem desenvolvidos, com diferentes graus de alteração das rochas aflorantes, ou seja, 80% desses materiais encontram-se intensamente alterados, estando, consideravelmente, no limite aceitável entre o conceito de rochas brandas e o dos materiais inconsolidados;

Relevo: a área em estudo é delimitada pelas serras de Ouro Preto e Itacolomi, com altitudes entre 1200 e 1700m, apresentando predomínio de encostas convexas e secundariamente côncavas, e vales encaixados; as inclinações do terreno oscilam de 0 a 45°;

Águas Superficiais: a área apresenta uma densa rede de canais de drenagens com um elevado número de nascentes, fontes naturais e cursos d'água permanente (córregos, ribeirão e rios). Esta área engloba regionalmente duas bacias hidrográficas importantes, a do São Francisco e a do rio Doce, incluindo a nascente do rio Das Velhas, considerado o principal coletor

Figura 1 - Mapa de localização da área estudada, adaptado de Souza (1996).

de drenagens do Quadrilátero Ferrífero. Os principais cursos d'água permanente do município são o córrego Tripuí, o ribeirão do Funil e o rio do Carmo;

Clima: de acordo com a classificação internacional de Köppen (1948), o clima da região é do tipo Cwb (tropical de altitude), ou seja, mesotérmico úmido com inverno seco e verão brando. A temperatura média anual é de 17,4° C, com média máxima anual de 22,6° C e média mínima anual de 13,1° C. O período úmido compreende os meses de outubro a março e o seco os meses de abril a setembro.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho para a análise dos materiais inconsolidados (campo e laboratório) foram os propostos por Zuquette (1993) e Vaunat *et al.* (1994), ilustrados esquematicamente na figura 2.

Para a definição e delimitação das unidades de materiais inconsolidados, representadas primeiramente em tabelas e posteriormente em um documento cartográfico, obedeceu-se às seguintes etapas:

1: nesta etapa foram feitos levantamentos bibliográficos, elaboração de fichas para levantamentos em campo e fotointerpretação (1:10.000/1969 e 1:8.000/1978). As fotografias aéreas foram empregadas para a identificação dos *landforms*, conforme proposta preconizada por Lollo (1995), obtendo-se assim, um mapa de zoneamento preliminar de uso indireto e auxiliar nas análises dos perfis típicos de alteração. Este mapa permitiu análises dos materiais quanto à sua evolução genética, espessuras relativas, posição no relevo e

distribuição lateral, possibilitando, dessa forma, a redução de amostragens;

2: desenvolvida em campo com o emprego da ficha elaborada na etapa anterior, utilização da tabela de graus de alteração proposta por Price (1993), realização de testes tátil-visuais (ASTM D-2488), e coleta em algumas unidades de materiais inconsolidados (amostras deformadas) em locais previamente escolhidos por critérios de *landforms*;

3: realização de ensaios geotécnicos em laboratório dos tipos: massa específica dos sólidos (NBR 6508/84); análise granulométrica conjunta (NBR 7181/84); limites de consistência: liquidez (NBR 6459/80), plasticidade (NBR 7180/84) e índice de plasticidade; *mini-moisture condiction value* (mini-mcv)/perda por imersão (DER-M191/88, M197/88 e M196/89) e adsorção do corante azul de metileno (Lan, 1977);

4: sistematização dos dados e a elaboração do mapa de materiais inconsolidados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O conceito adotado para materiais inconsolidados inicialmente proposto por Albrecht (1992), abrange todos os tipos de solos que se encontram entre o topo do substrato rochoso e a superfície do terreno. Os materiais inconsolidados, devido à grande diversidade litológica da área, foram analisados levando-se em consideração atributos do meio físico que melhor representassem a heterogeneidade desses materiais, ou seja: gênese, textura, mineralogia, *landform* e espessura das camadas.

Figura 2 - Tipos de materiais considerados na caracterização da área pesquisada, adaptado de Vaunaut *et al.* (1994).

Com relação à análise da gênese e evolução, os materiais foram primeiramente classificados em residuais (saprolito, evoluído e endurecidos) e retrabalhados (colúvio, talus e aluvião). No entanto, uma nova classe foi necessária e incluída na análise, englobando os materiais associados com as ações antrópicas, denominada de feições do tecnógeno, pois os materiais inconsolidados provenientes dessas feições apresentavam texturas e estruturas definidas e não se encaixavam nas classes de residuais e retrabalhados.

Os materiais oriundos dos depósitos do tecnógeno foram relacionados aos rejeitos de áreas mineradas, aterros não compactados e depósitos de entulhos. Os aterros não compactados são formados por diversos tipos de materiais, em geral provenientes das rochas adjacentes, e os depósitos de entulhos são

compostos por materiais heterogêneos oriundos da construção civil. As feições do tecnógeno foram classificadas em decorrência da sua densidade (número de feições) por extensão areal (m²).

Foram realizados ensaios de campo (táctil-visual) e laboratório (granulometria, massa específica, limites de consistência, mini-mcv e capacidade de troca catiônica) em pontos de amostragens definidas por critérios geomorfológicos. Das análises executadas foram definidas 18 unidades, separadas em básicas e compostas. O critério para esta separação deveu-se às ocorrências isoladas e/ou conjuntas dos materiais relacionados com as diferenças na gênese, espessuras e no tipo de feição do tecnógeno. Os critérios adotados para a identificação das unidades de materiais inconsolidados, encontram-se sumarizados na figura 3.

• NATUREZA DO MATERIAL INCONSOLIDADO			
(1) Residual	a - Saprolito	1 - Filito/Xisto	
	b - Evoluído	2 - Quartzito	
	c - Endurecido	3 - Itabirito	
(2) Retrabalhado	a - Colúvio		
	b - Talus		
	c - Aluvião		
(3) Rochoso (ausência de materiais inconsolidados)			
ESPESSURAS (m):	$e_1 (< 2)$	$e_2 (2 \text{ a } 5)$	$e_3 (5 \text{ a } 10)$
	$e_4 (10 \text{ a } 20)$	$e_5 (> 20)$	
• AÇÃO ANTRÓPICA ASSOCIADA			
(4) FEIÇÕES DO TECNÓGENO	a - Aterros não compactados		
	b - Depósitos de entulhos		
	c - Rejeitos de áreas mineradas		
Nº DE OCORRÊNCIAS X EXTENSÃO AREAL (m²)			
(1) - [0 - 2]	(a) - [< 25]		
(2) - [2 - 5]	(b) - [25 a 50]		
(3) - [5 - 10]	(c) - [50 a 100]		
(4) - [> 10]	(d) - [> 100]		

Figura 3 - Critérios adotados para a classificação das unidades de materiais inconsolidados na cidade de Ouro Preto/MG.

As unidades básicas (I), compreendem 9 principais e 6 subunidades, e as unidades compostas (II) englobam 9 principais e 4 subunidades. Todas as uni-

dades básicas (IA, IB, IC, ID, IE, IF, IG, IH) e algumas compostas (IIB, IIC, IIE, IIH) encontram-se ilustradas nas figuras 4 a 9.

Figura 4 - Fotografia da encosta localizada na parte nordeste da área, com as unidades IA formada por residuais de xistos, IB por residuais de itabiritos e IF presença de material rochoso.

Figura 5 - Fotografia da área localizada na porção sudeste, composta pelas unidades ID com depósitos de tálus, IE com a presença de aluviões e II₍₂₎ com feição do tecnógeno de área minerada inativa.

Figura 6 - Fotografia da encosta localizada na parte sudoeste da área, englobando as unidades $IC_{(2)}$ com materiais retrabalhados coluvionares, IG com aterros não compactados e $IH_{(1)}$ com depósitos de entulho.

Figura 7 - Fotografia da encosta localizada na parte sudeste da área, destaque para a unidade $IIB_{(2)}$ com residuais de filitos e xistos destacando-se os processos erosivos.

Figura 8 - Fotografia da parte sudeste da cidade de Ouro Preto, presença da unidade IIC com residuais oriundos de filitos/xistos e retrabalhados coluvionares.

Figura 9 - Fotografia da encosta localizada na área nordeste, presença das unidades IIE com residuais oriundos de quartzitos e retrabalhados coluvionares, IIF com residuais oriundos de rochas itabiríticas e IIH₍₂₎ com rejeitos de áreas mineradas.

A descrição das unidades de materiais inconsolidados, delimitadas e definidas durante a caracterização geotécnica, foi separada da seguinte maneira:

Unidades Básicas (I)

IA [1b₁/1a₁/(e₂)]: ocorre principalmente na porção nordeste da área, formada por materiais residuais, oriundos de rochas xistosas, constituídos por saprolitos (1a₁), formados principalmente por materiais silteosos, contém, as principais estruturas reliquias como os planos de xistosidade e fraturas. Estes materiais são sobrepostos gradacionalmente por camadas de materiais inconsolidados evoluídos (1b₁). As espessuras destes perfis encontram-se entre 2 a 5m (e₂) (Figura 4);

IB [1c/1b₃/1a₃/(e₃)]: composta por materiais residuais oriundos de rochas itabiríticas, formadas por saprolitos (1a₃), evoluídos (1b₃) e endurecidos (1c). Esses tipos de perfis de alteração ocorrem, em geral, na parte nordeste e norte da área, com espessuras em torno de 5 a 10 m (e₃) (Figura 4);

IC [2a (e₁)/2a (e₂)]: constituída essencialmente por materiais retrabalhados coluvionares (2a), formados por materiais heterogêneos (arenosos, silteosos e argilosos). Em função das espessuras dos materiais, esta unidade foi separada em duas subunidades IC₍₁₎ e IC₍₂₎ (Figura 6):

IC₍₁₎ [2a (e₁)]: ocorre na região sudeste da área estudada constituída essencialmente por materiais retrabalhados coluvionares (2a), formados por materiais heterogêneos (arenosos, silteosos e argilosos). Apresentam-se com espessuras menores que 2m (e₁);

IC₍₂₎ [2a (e₂)]: localiza-se em várias porções da área (centro, sul, sudeste e sudoeste), com o predomínio da textura areia silteosa e massa específica de 2,87 (g/cm³). Esses materiais não apresentam índice de plasticidade (IP) e foram classificados (MCT) como comportamento não laterítico areia (NA). As espessuras dessa subunidade oscilam entre 2 a 5m (e₂);

ID [2b (e₃)]: composta essencialmente por depósitos de tálus (2b), a ocorrência deste tipo de material retrabalhado é esparsa por toda a área, com os depósitos mais expressivos nas porções sudoeste e sudeste da área, onde esses se posicionam geralmente no meio e na base das encostas. Exibem uma grande variabilidade de materiais rochosos, em função da heterogeneidade litológica existente na área; as espessuras médias variam entre 5 a 10 m (e₃) (Figura 5);

IE [2c (e₁)]: formada por aluviões (2c), compostos em geral por seixos de tamanhos variados e materiais inconsolidados, originado da desagregação das rochas

locais, as espessuras desses depósitos são geralmente menores que 2m (e₁) (Figura 5);

IF [3]: apresenta-se com ausência de materiais inconsolidados, sendo então denominada de rochoso (3), ou seja, o substrato rochoso encontra-se totalmente exposto. As principais ocorrências desta unidade concentram-se nas porções norte e sul da área (Figura 4);

IG [4a (1d)]: formada por feições do tecnógeno do tipo aterros não compactados (4a), compostos geralmente por materiais heterogêneos oriundos das áreas adjacentes (Foto 3). As feições mais expressivas ocorrem nas partes norte, noroeste e central da área, apresentando uma densidade de feições de 0 a 2 por uma extensão areal > 100m² (1d);

IH [4b (1c)/4b (1d)]: constituída por depósitos de entulhos (4b), formada por materiais de construção, fragmentos de rochas, restos vegetais e lixo urbano. Esses depósitos ocorrem praticamente por toda a área mapeada, concentrando-se principalmente nas porções central, sudoeste, sudeste e noroeste da área (Figura 7). Em função da diferença das densidades de ocorrências das feições, esta unidade foi separada em duas subunidades IH₍₁₎ e IH₍₂₎:

IH₍₁₎ [4b (1c)]: ocorre em geral nas porções sudoeste e noroeste da área estudada, apresenta uma densidade de feições do tecnógeno (4b) de 0 a 2 por uma extensão areal que oscila entre 50 a 100m² (1c);

IH₍₂₎ [4b (1d)]: as feições (4b) desta subunidade são concentradas principalmente nas porções centro, sudoeste e sudeste da área, ocorrendo uma densidade de 0 a 2 feições, com uma extensão areal >100m² (1d);

II [4c (1c)/4c (1d)]: individualizada, em razão da ocorrência das expressivas feições do tecnógeno, relacionadas com rejeitos de áreas mineradas (4c) inativas e ativas. Para identificar o tipo de material inconsolidado, foi necessário estabelecer o limite da interface dos materiais residuais e retrabalhados naturais e oriundos da ação antrópica, relacionados com as atividades de mineração do tipo rejeitos (Figura 2). Em função do número de feições por extensão areal (m²), esta unidade foi separada em duas subunidades II₍₁₎ e II₍₂₎:

II₍₁₎ [4c (1c)]: ocorre principalmente nas regiões centro-sul e noroeste da área, apresentando uma densidade de até duas feições (4c) por uma extensão areal entre 50 a 100 m² (1c);

II₍₂₎ [4c (1d)]: as feições desta subunidade concentram-se nas partes sudoeste e central da área, com um número de feições (4c) entre 0 a 2 por uma extensão areal maior

que 100 m² (1d). Os ensaios realizados para caracterizar esta subunidade, dentro do contexto, ora exposto, das atividades mineradoras, representam uma análise pontual. Foram obtidos os seguintes resultados: os materiais inconsolidados apresentam, em geral, uma textura siltoarenosa, massa específica de 2,82 (g/cm³), não apresentam índice de plasticidade (IP) e apresentam comportamento não laterítico siltoso (NS').

Unidades Compostas (II)

IIA [2a/1b₁/(e₂)]: tem a sua ocorrência mais expressiva na parte noroeste da área, sendo formada por residuais evoluídos (1b₁) oriundos de rochas xistosa, sobrepostos por materiais retrabalhados do tipo colúvio (2a), com a presença de linhas de seixos (5-40 cm) em alguns locais. A espessura deste perfil oscila entre 2 a 5m (e₂);

IIB [2a/1b₁/1a₁(e₃)]/[2a/1b₁/1a₁(e₄)]: composta por materiais residuais do tipo saprolito (1a₁) e evoluído (1b₁), oriundos de filitos e xistos, encontram-se sobrepostos em geral por materiais retrabalhados do tipo colúvio (2a) [Figura 7]. Em decorrência da espessura dos materiais inconsolidados esta unidade foi subdividida em IIB₍₁₎ e IIB₍₂₎:

IIB₍₁₎ [2a/1b₁/1a₁(e₃)]: ocorre em maiores proporções na região norte da área, e as espessuras desta unidade oscilam entre 5 a 10m (e₃). Estes perfis foram caracterizados pela presença de saprolitos (1a₁), evoluídos (1b₁) e materiais retrabalhados coluvionares (2a). Por meio dos ensaios de caracterização, foi possível realizar algumas observações para os materiais saprolíticos: esses apresentam faixas de variações granulométricas, existindo um predomínio da textura siltosa em relação a arenoargilosa, a massa específica média desses materiais é de 2,79 (g/cm³) e, em virtude dessa composição granulométrica variada, os índices de plasticidade oscilam entre 0 a não plástico (NP) a 18 (alto), sendo este últimos classificados (MCT) como de comportamento não laterítico argiloso (NG').

Os materiais residuais evoluídos apresentam-se, em geral, com textura arenosa e em menor proporção siltoargilosa, a massa específica média é de 2,81 (g/cm³), índice de plasticidade fica entre não plástico (NP) e 27 (alto) a 12 (médio) e comportamento (MCT) não laterítico siltoso (NS').

Os materiais retrabalhados coluvionares apresentam-se, em geral, com textura silte arenoargilosa, massa específica média de 2,80 (g/cm³), índice de plasticidade variando de 6 (baixo) a 12 (médio) e comportamento (MCT) diferenciado entre não laterítico arenoso (NA') e laterítico arenoso (LA');

IIB₍₂₎ [2a/1b₁/1a₁(e₄)]: ocorre principalmente nas regiões sul e sudeste da área (Figura 7), onde as espessuras dos materiais variam de 10 a 20m (e₄). Os materiais residuais de saprolito (1a₁) apresentam uma textura silte com areia, massa específica de 2,71 (g/cm³), índice de plasticidade 7 (baixo) e na classificação MCT foram classificados como não laterítico siltoso (NS'). Nos materiais residuais evoluídos (1b₁), predominam a textura siltoarenoargilosa com massa específica 2,86 (g/cm³), índice de plasticidade 3 (baixo) apresentando um comportamento (MCT) do tipo não laterítico siltoso (NS'). Os materiais retrabalhados coluvionares (2a) apresentam-se com o predomínio de duas texturas (argila arenosiltosa e areia siltoargilosa), massa específica 2,82 (g/cm³), índice de plasticidade variando de 10 (médio) a 17 (alto) e comportamento (MCT) entre laterítico argiloso (LG') e laterítico arenoso (LA').

IIC [2a/1b₁/1a₁(e₄) + 4b (1a)]: é comum a presença desta unidade na parte sudeste da região mapeada, é composta por saprolito (1a₁) e evoluído (1b₁), decorrentes de filitos e xistos, encontrando-se sobrepostos em geral por materiais retrabalhados do tipo colúvio (2a) [Figura 8]. A espessura dos materiais oscila entre 5 a 10m (e₃), onde esses encontram-se, nessa unidade, associados com depósitos de tálus (4b) que apresentam uma densidade de 0 a 2 feições do tecnógeno por uma extensão areal menor que 25 m² (1a);

IID [2a/1a₂(e₃) + 4c (4d)]: representada por materiais retrabalhados do tipo coluvionar (2a), com espessuras de 0 a 2m que recobrem em geral os saprolitos oriundos de rochas quartzíticas (1b₂) e as espessuras desses conjuntos, de materiais inconsolidados (colúvios e saprolitos), em geral variam entre 5 a 10m (e₃). Estes materiais ocorrem em áreas influenciadas pelas ações antrópicas oriundas de rejeitos de minerações (4c) e principalmente nas porções norte, noroeste e nordeste da área. Estas feições apresentam uma densidade média >10 por uma extensão areal entre 50 a 100m² (4d).

IIE [2a/1a₂(e₃) + 3]: ocorre em vários locais da área estudada nas regiões sul, sudeste, centro e nordeste, sendo constituída, por saprolitos oriundos de rochas quartzíticas (1a₂), recoberta por materiais retrabalhados coluvionares (2a), onde ambos apresentam uma espessura variando entre 5 a 10m (e₃). Associados com esses materiais, ocorrem materiais rochosos com ausência de materiais inconsolidados (3) sobrejacentes (Figura 9). Nesta unidade foram realizados ensaios de caracterização nos dois tipos de materiais (residuais e

retrabalhados). O saprolito ($1a_2$) apresenta uma textura arenossiltosa, massa específica 2,72 (g/cm^3), caráter não plástico e comportamento (MCT) não laterítico areia. Os materiais coluvionares (2a) apresentam-se com textura arenossiltosa com argila, massa específica 2,69 (g/cm^3), índice de plasticidade entre 6 e 7 (baixo) e comportamento (MCT) não laterítico arenoso (NA');

IIF [$1c/1b_3/1a_3(e_3) + 4_c(2a)$]: presente nas regiões norte, noroeste e nordeste da área, composta por materiais residuais do tipo endurecido ($1c$) de espessuras entre 0 a 2m (e_1), encontrando-se, em geral, revestindo as camadas subjacentes compostas por uma fina camada de materiais evoluídos ($1b_3$) e intimamente relacionadas aos saprolitos ($1a_3$). Em geral, esse perfil completo apresenta espessura em torno de 5 a 10m (e_3). Esses materiais residuais encontram-se em áreas que sofreram uma ação antrópica intensa, com a presença de rejeitos oriundos de minerações antigas ($4c$), com feições do tecnógeno distintas que ocorrem com uma densidade de feições de 2 a 5 por uma extensão areal, em geral menor que 25m^2 (2a) (Figura 9);

IIG [$2a/1c_2(e_2) + 4_c(4d)$]: formada por colúvios (2a), que recobrem os materiais endurecidos ($1c$). Estes materiais em geral apresentam espessuras entre 2 a 5m (e_2) e ocorrem principalmente na porção sudoeste da área estudada. Associados com esses materiais inconsolidados, ocorrem materiais heterogêneos advindos das feições do tecnógeno oriundas de atividades de mineração (rejeitos) [$4c$] e apresentam uma densidade de feições >10 com uma extensão areal $>100\text{m}^2$ (4d);

IIH [$1c/1b_3/1a_3 + 4_c(4a)/(4b)(1c)$]/[$1c/1b_3/1a_3 + 4_c(4a)/(4b)(3b)$]: composta por perfis de alteração geralmente completos de espessuras entre 5 a 10m (e_3). Formados por materiais endurecidos ($1c$), evoluídos ($1b_3$) e saprolitos ($1a_3$) de rochas itabiríticas, encontrando-se associados com feições do tecnógeno oriundas de áreas mineradas (rejeitos) [$4c$] e depósitos de entulhos (4b) (Figura 9). Esta unidade por apresentar diferenças principalmente na densidade de ocorrência de feições do tecnógeno (rejeitos de áreas mineradas), foi separada em duas subunidades $IIH_{(1)}$ e $IIH_{(2)}$:

$IIH_{(1)}$ [$1c/1b_3/1a_3 + 4_c(4a)/(4b)(1c)$]: ocorre nas porções noroeste, centro e nordeste da área, apresentando uma densidade de feições nas áreas mineradas ($4c$) >10 por uma extensão areal $<25\text{m}^2$ (4a). Os depósitos de entulhos (4b), apresentam uma densidade de 0 a 2 por uma extensão areal entre 50 a 100m^2 (1c). Os materiais residuais formados por saprolitos ($1a_3$), apresen-

tam-se com textura silte arenosa, massa específica 2,75 (g/cm^3) e não plasticidade. Os materiais evoluídos ($1b_3$) têm características próximas aos saprolitos pois, apresentam-se com uma textura do tipo areia com silte, massa específica específica 2,76 (g/cm^3) e não plasticidade e foram classificados segundo o comportamento (MCT) em não laterítico areia (NA);

$IIH_{(2)}$ [$1c/1b_3/1a_3 + 4_c(4a)/(4b)(3b)$]: presente nas porções centro e norte da área mapeada, com uma densidade de feições nas áreas mineradas ($4c$) >10 por uma extensão areal $<25\text{m}^2$ (4a). Os depósitos de entulhos (4b), apresentam uma densidade de 5 a 10 feições por uma extensão areal entre 50 a 50m^2 (3b). Os materiais residuais formados por saprolitos ($1a_3$), foram caracterizados por apresentarem textura arenossiltosa, massa específica 4,55 (g/cm^3), não plasticidade e foram classificados, segundo o comportamento (MCT), em não laterítico areia (NA). Vale ressaltar que o valor discrepante obtido no ensaio da massa específica deve-se a presença de minerais com elevado teor de ferro;

III [$2a/1a_1 + 1a_2(e_3) + 2b(e_3)$]: presente principalmente na porção central da área estudada, sendo composta por materiais inconsolidados residuais, formada por saprolitos ($1a_1$) de filitos e xistos raramente recobertos por materiais inconsolidados retrabalhado coluvionar (2a), que apresentam-se em geral com pequena espessura de 0,5 a 1m (e_1). Em associação com estes materiais inconsolidados ocorrem saprolitos ($1a_2$) de rochas quartzíticas com espessuras entre 5 a 10m (e_3) e conjuntamente ocorrem materiais retrabalhados do tipo depósitos de tálus (2b) com espessuras variando entre 5 a 10m (e_3). Devido a gênese diferenciada existente na associação dos materiais inconsolidados residuais, constituídas por saprolitos ($1a_1/1a_2$), os resultados obtidos nos ensaios de caracterização apresentaram uma faixa de variação, porém discrepante. As texturas predominantes dessa associação são as siltosa e a arenosa, ocorrendo secundariamente a presença de níveis argilosos e pedregulhosos. Decorrentes também dessa variação os índices de plasticidade oscilam entre não plástico a 21 (alto), a massa específica média de 2,85 (g/cm^3) e, no comportamento, segundo a classificação MCT, ocorre o predomínio dos materiais do tipo não laterítico siltoso (NS'), não laterítico arenoso (NA') e não laterítico areia (NA), existindo uma pequena ocorrência do tipo laterítico areia (LA). Nos materiais retrabalhados coluvionares (2a) ensaiados, observa-se

Figura 10 - Mapa de materiais inconsolidados (escala 1:10.000).

a presença dominante da textura arenosa sobre as demais, pois as texturas identificadas foram as seguintes: areia argilossiltosa, silte arenopedregulhoso e areia siltepedregulhoso, a massa específica média de 2,98 (g/cm³), índices de plasticidade variando entre 10 a 12 (médio) e no comportamento (MCT), esses materiais apresentam uma grande faixa de variação do tipo laterítico arenoso (LA'), não laterítico siltoso (NS') e não laterítico arenoso (NA').

Decorrente da identificação dessas unidades foi elaborado um mapa de materiais inconsolidados na escala 1: 10.000, apresentado na figura 10.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os procedimentos metodológicos empregados mostraram-se satisfatórios para a realização da caracterização geológica-geotécnica, que culminou com a elaboração do documento cartográfico denominado de mapa de materiais inconsolidados. No entanto, algumas limitações quanto à profundidade dos perfis típicos de alteração sujeitaram-se às análises quanto à disponibilidade de afloramentos naturais e cortes verticais, executados para obras de engenharia.

O mapa de materiais inconsolidados elaborado mostrou que a maior distribuição areal é formada pelos materiais inclusos nas unidades compostas, ou seja, os materiais que associam as características naturais do meio físico e do meio antrópico. Sendo assim, os resultados obtidos mostraram a importância que as ações antrópicas exercem nas atividades relacionadas com o meio físico, sendo necessário considerar este novo atributo nas análises: o fator antropogênico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrechet, K. J. 1992. **Mapeamento geotécnico preliminar da região de Águas de Lindóia, escala 1:50.000**. São Carlos. 155p. 2v. Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Köppen, W. 1948. **Climatologia: com um estudio de los climas de la tierra**. México, FCE.
- Lan, T.N.1977. Um Nouvel Essai d'Identification des Sols – l'Essai au Bleu de Méthylène. **Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées**, 88: 136-137.
- Lollo, J.A. 1992. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. São Carlos. 210p, 2v. Tese de Doutorado em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Nir, D. Estimations of Rates Potential Anthropic Erosin. **Geociência**, 2: 43-49.
- Pellogia, A. 1998. **O homem e o ambiente geológico – Geologia, Sociedade e Ocupação Urbana no Município de São Paulo**. São Paulo, Xamã, 270p.
- Price, D.G. 1993. A suggested method for the classification of rock mass weathering by a ratings system. **Quarterly Journal of Engineering Geology**, 26.
- Santos, A.R.; Prandini, F. L.; Oliveira, A.M.S. **Limites ambientais do desenvolvimento: geociências aplicadas, uma abordagem tecnológica da biosfera**. São Paulo, Brasil. ABGE. p.1-20. (Artigo Técnico).
- Souza, M.L.1996. **Mapeamento geotécnico da cidade de Ouro Preto – MG (escala 1:10.000) – susceptibilidade aos movimentos de massa e processos correlatos**. São Carlos.163p, 2v. Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Ter Stepanian, G. 1988.Beginning of the Technogene. **Bulletin IAEG**, 38.
- Vaunat, J.; Leroueil, S. & Faure, R.M.1994. Slope movements: a geotechnical perspective. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 7., 1994, Lisboa, Portugal. **Proceedings...** Rotterdam, Balkema, v.3. p.1637-1646.
- Zuquette, L.V. 1993. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração**. São Carlos, 386p.2v. Tese de Livre Docência em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo