

A CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS NA COMPARTIMENTAÇÃO GEOTÉCNICA DA REGIÃO DE BRAGANÇA PAULISTA – SÃO PAULO

Eduardo Goulart COLLARES
Reinaldo LORANDI

RESUMO

O presente trabalho resultou da necessidade de caracterizar as diversas camadas de intemperismo do material inconsolidado visando ao mapeamento geotécnico da região de Bragança Paulista-SP. Para a representação das variações verticais e compartimentação das unidades, recorreram-se aos perfis de alteração e à análise do terreno através do conceito de *landforms*. Na caracterização dos materiais adotaram-se critérios adequados aos solos de origem tropical.

ABSTRACT

This work aims at the characterization of several unconsolidated weathered material layers for geotechnical mapping of the Bragança Paulista region. Use was made of alteration profiles and terrain analysis through the *landforms* concept in order to represent vertical changes and compartmentation of the units. Criteria appropriate for tropical soils were adapted for the characterization of the materials.

1 INTRODUÇÃO

Na avaliação do meio físico da região de Bragança Paulista (46°35' - 46°47' W e 22°45' - 22°2' S) ficou constatado que os materiais inconsolidados se constituem num atributo fundamental para a sua compartimentação geotécnica.

A forma como vem sendo caracterizado e representado, entretanto, não condiz com as características intrínsecas à região, uma vez que a heterogeneidade vertical do material inconsolidado é bastante pronunciada e nem sempre o material de cobertura é o determinante geotécnico para uma zona considerada.

Desta forma, tornou-se necessária a utilização de um mecanismo que retratasse genericamente a variação do material de alteração, tanto em planta como no perfil vertical, e que permitisse um conhecimento prévio do comportamento geotécnico dos principais horizontes.

A representação vertical tornou-se possível com a utilização de perfis de alteração, onde foram levantados, através da descrição dos afloramentos de campo, os materiais com diferentes graus de intemperismo e suas respectivas espessuras, considerando, sempre, o posicionamento em relação ao perfil da encosta.

A compartimentação do terreno foi feita através da análise dos *landforms*, nos moldes propostos por ZUQUETTE (1991). Este critério permitiu a definição dos limites para as unidades de material inconsolidado e serviu de base para estimar a variação lateral nos perfis de alteração.

Os solos foram analisados considerando-se as feições peculiares aos solos tropicais, havendo, neste sentido, a preocupação de distinguir, no campo, os horizontes de solos lateríticos e saprolíticos. A caracterização destes foi adquirida com a utilização dos ensaios de análise granulométrica e os ensaios da Classificação MCT de solos tropicais, desenvolvida por NOGAMI & VILLIBOR (1980).

2 PERFIS DE ALTERAÇÃO

O intemperismo químico predominante nas regiões de clima tropical tende a condicionar um manto de intemperismo espesso e heterogêneo sobrepondo o substrato rochoso inalterado. Em especial em zonas de rochas cristalinas com tectonismo intenso, como é o caso da região de Bragança Paulista.

A utilização de perfis de alteração no estudo dos materiais inconsolidados foi um recurso

eficaz dentro deste contexto e que evitou a omissão ou a superestimação de alguns materiais fundamentais para a correta avaliação geotécnica num ponto considerado.

Para DEERE & PATTON (1971), o perfil de alteração é definido como uma seqüência de camadas de materiais com diferentes propriedades físicas que se desenvolveram *in situ*, através de processos físicos ou químicos de alteração.

A classificação proposta por PASTORE

(1992) inclui no perfil o conceito de solos tropicais e distingue os solos lateríticos dos saprolíticos. Estas definições permitiram um estudo mais adequado dos materiais. Um levantamento de campo direcionado para a descrição dos materiais inconsolidados procurou suprir a dificuldade na aquisição de dados preexistentes de subsuperfície. Foi utilizada uma planilha de campo (Fig. 1) que permitisse caracterizar e enquadrar espacialmente cada tipo de material.

DATA	FICHA DE CAMPO LEVANTAMENTO GEOTÉCNICO E PERFIL DE ALTERAÇÃO EXECUÇÃO: EDUARDO GOULART COLLARES		Nº
DADOS BÁSICOS		MATERIAL INCONSOLIDADO	
Ponto nº	Altitude	NÍVEL SUPERFICIAL Textura	
Localização		Cor Origem	
Posição no relevo		Estágio de alteração Espessura	
Cobertura vegetal		Constituição Litologia	
Declividade		Compacidade Consistência	
Erosão		Permeabilidade Continuidade lateral	
Matações		NÍVEL 2 Textura	
Ocupação atual		Cor Origem	
Nível d'água		Estágio de alteração Espessura	
Obs.		Constituição Litologia	
MATERIAL ROCHOSO		Compacidade Consistência	
Grau de homogeneidade		Permeabilidade Continuidade lateral	
Litologia		NÍVEL 3 Textura	
Textura		Cor Origem	
Mineralogia		Estágio de alteração Espessura	
Grau de alteração		Constituição Litologia	
Grau de fraturamento		Compacidade Consistência	
Estruturas		Permeabilidade Continuidade lateral	
CROQUI			

FIGURA 1 – Planilha para descrição de materiais no campo.

Os limites de espessura de cada nível usados nos perfis típicos foram os limites evidenciados no campo e estes valores, portanto, podem estar subestimados, uma vez que um levantamento mais criterioso, com um maior adensamento dos pontos de observação, foge ao escopo do trabalho.

3 COMPARTIMENTAÇÃO POR "LANDFORMS"

Um dos maiores problemas encontrados na confecção do mapa de materiais inconsolidados, devido à falta dos dados de subsuperfície, foi a distribuição espacial dos perfis de alteração então descritos e a sua área de abrangência.

A compartimentação por *landforms* proposta por ZUQUETTE (1991) possibilitou a conjugação espaço-temporal dos materiais intemperizados com outras características do meio físico, o que permitiu o direcionamento das extrapolações e a delimitação das ocorrências homogêneas.

O termo *landform* foi aceito por ZUQUETTE (1991) como sendo elementos do meio físico que possuem composição definida, assim como as variações das características visuais e físicas, tais como: forma topográfica, modelo de drenagem e morfologia. Daí deve-se mapear os *landforms* considerando as características semelhantes em termos de morfologia e morfografia e que reflitam as mesmas condições de evolução (gênese).

O mapeamento dos *landforms* envolveu uma fotointerpretação preliminar (fotografias aéreas 1:60.000), levantamento de campo e por último a fotointerpretação definitiva, combinando os perfis de alteração descritos no campo com os componentes do relevo.

As observações utilizadas para a demarcação dos *landforms* foram relativas à geomorfologia, geologia e à gênese e envolveram, dentre outros atributos, as formas geométricas, ausência de manto de intemperismo, declividade, densidade e forma dos canais de drenagem, grau de dissecação do relevo e vegetação.

4 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL

A caracterização do material inconsolidado foi efetuada em duas etapas:

primeira etapa: levantamento sobre a gênese e o grau de alteração de todos os materiais encontrados no campo e ainda identificação tátil-visual da textura e do teor de micas nos níveis de solo e descrição petrográfica e mineralógica nos níveis menos intemperizados.

segunda etapa: ensaios de Análise Granulométrica, Mini-MCV e Perda de Carga

por Imersão nos diferentes tipos de solos descritos na etapa anterior.

O ensaio de Análise Granulométrica, que envolveu peneiramento e sedimentação, foi executado nos moldes normatizados pela ABNT, utilizando hexametáfosfato de sódio como defloculante.

A classificação textural adotada com base neste ensaio foi adaptada de forma que permitisse distinguir materiais parecidos mas susceptíveis de comportamento geotécnico distintos. O critério envolveu as seguintes considerações:

1° – Foram consideradas as faixas granulométricas:

- Argila – partículas menores que 0,002mm

- Silte – partículas entre 0,002mm e 0,074mm

- Areia – partículas maiores que 0,074mm

2° – Quando a variação entre a faixa maior e a intermediária for superior a 60%, o nome do solo leva apenas o *substantivo* da faixa maior. Ex.: Silte (80%)

3° – Quando a variação entre a faixa maior e a intermediária estiver entre 31% e 60%, o nome do solo é composto pelo *substantivo* da maior faixa mais a expressão "*com pouco(a)*" mais o *substantivo* da faixa intermediária. Ex.: Argila (65%) com pouca areia (18%).

4° – A) Quando a variação entre as faixas estiver entre 10% e 30%, o nome do solo é composto pelo *substantivo* da maior faixa mais o *adjetivo* da faixa intermediária. Ex.: Silte (55%) arenoso (30%).

B) quando quaisquer das faixas possuírem variações inferiores a 10%, o nome do solo leva o *adjetivo* destas faixas separados por hífen. Ex.: Argila (49%) areno (27%) -siltosa (24%); argilo (46%) -siltoso (39%); argilo (37%) -areno (34%) -siltoso (29%).

Os ensaios de Mini-MCV e Perda de Carga por Imersão foram utilizados para a classificação MCT de solos tropicais, proposta por NOGAMI E VILLIBOR (1980). Esta classificação, além de dar uma idéia relacionada à granulometria do solo, permite uma avaliação quanto ao seu comportamento geotécnico.

Na análise dos resultados, nota-se que alguns solos, identificados como lateríticos no campo, apresentaram comportamento não-laterítico na classificação MCT e este fato pode ser explicado pelo elevado teor de silte (acima de 35%) encontrado nestes materiais.

5 UNIDADES DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS

Cada unidade de material inconsolidado foi representada por seu perfil típico (Fig. 2),

considerando toda a seqüência de materiais observados e a possível ocorrência de matacões em alguma parte da encosta.

Houve a preocupação de destacar, dentro do perfil, aquele ou aqueles níveis que retratassem melhor a unidade frente a uma futura avaliação geotécnica do terreno. Os níveis em destaque foram aqueles que predominaram como material de superfície ou que apresentaram alguma característica peculiar que influísse de forma significativa na avaliação global da unidade.

As principais características de cada unidade estão aqui sintetizadas e a compartimentação e os respectivos perfis típicos estão representados no mapa da figura 2:

Unidade I: São depósitos aluvionares. Geralmente a cobertura é argilo-arenosa ou areno-siltosa com alguns pedregulhos. Em alguns locais pode ser observado um nível de areia grossa com seixos de quartzo.

Unidade II: O material predominante é laterítico, atingindo profundidades superiores a 5 metros no topo das encostas e regiões mais aplainadas. O solo saprolítico e o saprolito só afloram ocasionalmente.

Unidade III: O material de cobertura é sempre laterítico, porém menos espesso que na unidade II. O solo saprolítico, silto-arenoso e com pouca mica, é mais frequente na meia encosta. Há ocorrência de matacões na meia e baixa encosta.

Unidade IV: É identificada pela ocorrência de um solo laterítico de argila com pouca areia, raro na região. A espessura do material é superior a 3 metros.

Unidade V: O solo saprolítico praticamente não ocorre, havendo um contato abrupto entre o solo laterítico e o saprolito. Nas áreas mais íngrimes, o laterítico tende a não ocorrer e o saprolito granítico ou gnáissico atinge cotas superiores a 5 metros.

Unidade VI: Na baixa encosta, o solo laterítico atinge profundidades superiores a 3 metros. O solo saprolítico aflora nas regiões mais íngrimes e próximas às cabeceiras de drenagens e apresenta textura de silte, com alto teor em mica.

Unidade VII: No topo das encostas, o pacote de solo (laterítico + saprolítico) é superior a 10 metros, com predominância para o laterítico. Nas regiões mais baixas e com declividades mais elevadas, o solo laterítico desaparece, dando lugar a um solo saprolítico de silte arenoso com muita mica. Localmente, ocorre uma fina camada de solo saprolítico de argila arenosa, cinza, entre estes.

Unidade VIII: Pode ser observada a seqüência completa do perfil de alteração; entretanto, os níveis principais são o de solo saprolítico e o saprolito granítico ou de protomilonito granítico.

Unidade IX: Em grande parte da unidade, aflora um migmatito alterado. Na região mais baixa da encosta, ocorrem matacões e uma fina camada de solo laterítico e saprolítico.

Unidade X: O material de cobertura é quase sempre laterítico, preferencialmente retrabalhado.

Unidade XI: O saprolito granítico aflora em grande parte da unidade. A cobertura de solo laterítico e/ou saprolítico poucas vezes ultrapassa o primeiro metro de profundidade.

Unidade XII: Saprolito granítico e de protomilonito granítico com uma delgada cobertura de solo. Presença intensa de matacões na meia encosta.

Unidade XIII: Presença de rocha alterada e saprolito gnáissico, com matacões na meia encosta. A cobertura de solos é delgada, sendo o solo saprolítico bastante micáceo.

Unidade XIV: Pegmatito alterado e saprolito de pegmatito e granito-gnaiss. Acima geralmente ocorre apenas o solo laterítico, argilo-areno-siltoso.

Unidade XV: Os níveis lateríticos são dominantes nos topos e nas áreas mais baixas das encostas, sendo o residual predominante no topo e o retrabalhado, no sopé. Na meia encosta e nas cabeceiras de drenagens, o solo saprolítico é mais evidente, chegando a profundidades superiores a 8 metros. Matacões na meia e baixa encosta são comuns.

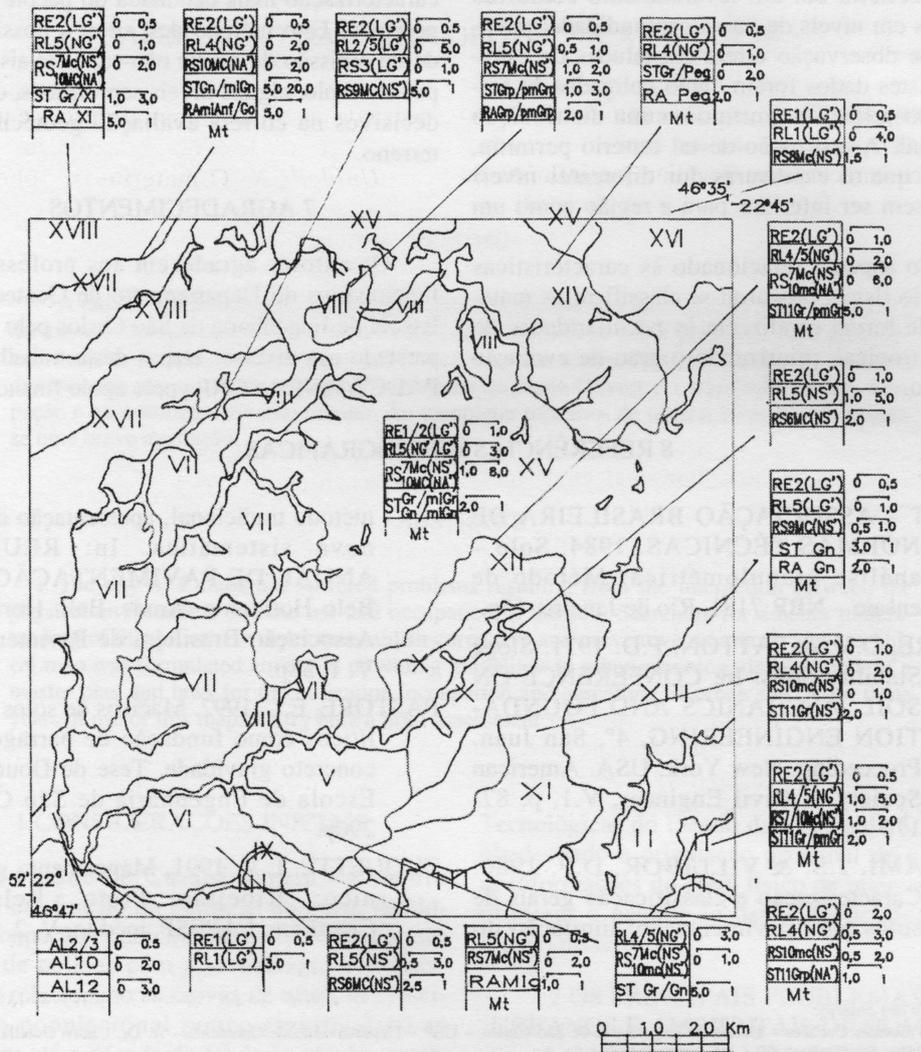
Unidade XVI: Na área mais aplainada, o solo residual laterítico de argila com pouca areia atinge profundidade superior a 4 metros. Na meia encosta, aflora o solo saprolítico, mediantemente micáceo.

Unidade XVII: O saprolito gnáissico e uma rocha milonítica máfica alterada afloram em grande parte da unidade. A cobertura de solo raramente ultrapassa 2 metros de profundidade. Há presença intensa de matacões na meia encosta.

Unidade XVIII: Predominância para o saprolito de xisto ou granito e xisto alterado. A cobertura de solo raramente ultrapassa dois metros de profundidade.

6 CONCLUSÃO

O procedimento utilizado na confecção do mapa foi adaptado às peculiaridades do país, tanto em relação à dificuldade de aquisição de



LEGENDA

- | | | |
|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 1 - GÊNESE/
GRAU DE ALTERAÇÃO | 3-argila arenosa | Go-gondito |
| AL - Aluvião | 4-argilo-areno-siltoso | Gn-gnátise |
| RE Retrabalhado | 5-argilo-siltoso | Gr-granito indiferenciado |
| Laterítico | silito-argiloso | Grp-granito porfirítico |
| RL Residual | 6-silte | Mig-migmatito |
| Laterítico | 7-silte c/ pouca areia | Peg-pegmatito |
| RS Residual | 8-silte argilo-arenoso | Xi-xilito |
| Saprolítico | 9-silte arenoso | MC-alto teor em mica |
| ST Saproilito | 10-silito-arenoso | Mc-médio teor em mica |
| RA-Rocha alterada | areno-siltoso | mi-baixo teor em mica |
| | 11-areia siltosa | |
| | 12-areia grossa c/ seixos | |
| 2 - TEXTURA | 3-COMPOSIÇÃO | 4-CLASSIFICAÇÃO |
| 1-argila c/ pouca areia | Mt-matações | MCT* |
| 2-argila silto-arenosa | mi-milonito | (LG)-laterítico argiloso |
| argila areno-siltosa | pm-protomilonito | (NG)-não laterítico argiloso |
| | Anf-anfibolito | (NS)-não laterítico siltoso |
| | | (NA)-não laterítico arenoso |

* - Classificação para solos tropicais (NOGAMI e VILLIBOR, 1980)

CHAVE

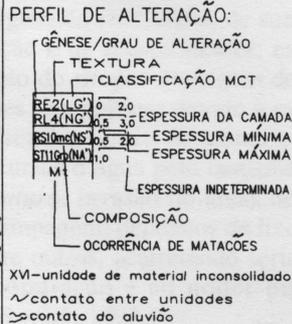


FIGURA 2 - Mapa de materiais inconsolidados - Porção noroeste da quadrícula de Bragança Paulista, SP.

dados preexistentes, quanto às características próprias do meio físico tropical.

A falta de dados, como perfis de sondagens, refletiu em um levantamento conferido apenas em níveis de baixa profundidade, passíveis de observação direta em taludes de estradas. Estes dados foram então coligados às formas do relevo, permitindo a sua distribuição espacial. A utilização de tal critério permitiu, então, que as espessuras dos diferentes níveis pudessem ser inferidas para a região como um todo.

No aspecto relacionado às características do meio físico, procurou-se classificar os materiais de forma condizente às peculiaridades do clima tropical, priorizando o grau de evolução do solo.

A utilização dos perfis de alteração evitou que apenas o material de cobertura fosse representado no mapa, permitindo, assim, uma caracterização mais detalhada do pacote intemperizado. Este método descartou a possibilidade de omissão de níveis não-superficiais como, por exemplo, alguns níveis saprolíticos, que são decisivos na correta avaliação geotécnica do terreno.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos professores e funcionários do Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos pelo auxílio prestado nas diversas etapas deste trabalho e ao PADCT/FINEP e CNPq pelo apoio financeiro.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. Solo – análise granulométrica; Método de ensaio – NBR 7181. Rio de Janeiro. 13p.
- DEERE, D.V. & PATTON, F.D. 1971. Slope Stability Soils. In: CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 4º, San Juan. Proceeding. New York, USA. American Society of Civil Engineer, V.1, p. 87-170.
- NOGAMI, J.S. & VILLIBOR, D.F. 1980. Caracterização e classificação gerais de solos para pavimentação: limitação do método tradicional, apresentação de uma nova sistemática. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 15º, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte. Associação Brasileira de Pavimentação, V. 1, 38p.
- PASTORE, E.L. 1992. Maciços de solos saprolíticos como fundação de barragens de concreto gravidade. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, 290p.
- ZUQUETTE, L.V. 1991. Mapeamento geotécnico: Ribeirão Preto. Relatório Científico, FAPESP, inédito, V. 2, 269p.

Endereço dos autores:

Eduardo Goulart Collares – Escola de Engenharia de São Carlos – USP – Departamento de Geotecnia – R. Dr. Carlos Botelho, 1.465 – 13.560-250 – São Carlos – SP.

Reinaldo Lorandi – Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Engenharia Civil – Caixa Postal 676 – 13.565-905 – São Carlos – SP – Brasil.