

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

# GEOCIÊNCIAS

ISSN 0101-9082  
GESPDU

Geociências	São Paulo	v.16	n.2	p.311-709	jul./dez. 1997
-------------	-----------	------	-----	-----------	----------------

# CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS DAS ÁREAS URBANA E DE EXPANSÃO DA REGIÃO SUDOESTE DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS (SP), ESCALA 1:25.000

B123c

Maria Leticia BACHION\*

José Eduardo RODRIGUES\*\*

- **RESUMO:** Este trabalho apresenta o mapa de caracterização geotécnica dos materiais inconsolidados (escala 1:25.000) da porção sudoeste do município de Campinas. Para a definição das unidades geotécnicas foram considerados os seguintes atributos do meio físico: substrato rochoso, formas de relevo e perfil de alteração, conjuntamente às observações efetuadas nos trabalhos de campo, na fotointerpretação e acrescidas ainda dos resultados dos ensaios laboratoriais (granulometria conjunta, massa específica dos sólidos, adsorção de azul de metileno, mini-MCV e perda de massa por imersão). Foram definidas 12 unidades de materiais inconsolidados, as quais estão representadas na forma de perfis típicos de alteração, além dos índices físicos, informações sobre a gênese, textura, espessura (mínima e máxima), classificação quanto ao comportamento laterítico e atividade dos argilo-minerais.
- **PALAVRAS-CHAVE:** Materiais inconsolidados; unidades geotécnicas; atributos e perfil de alteração.

## Introdução

A região de Campinas constitui um centro populacional que apresenta elevada e rápida taxa de crescimento urbano e industrial. É importante que este crescimento se estabeleça de forma racional e, por este

Curso de Pós-Graduação em Geotecnia - Departamento de Geotecnia - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo 13560-970 - São Carlos - SP.  
Departamento de Geotecnia - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo - 13560-970 - São Carlos - SP.

SYSNO 1001424  
PROD 000.125

ACERVO EPSC

motivo, torna-se fundamental ter o pleno conhecimento do meio físico no que diz respeito às suas potencialidades e limitações quanto ao uso.

O mapeamento geotécnico, em razão de seu caráter preventivo e orientativo, vem assumindo ao longo do tempo papel de suma importância no que se refere ao planejamento urbano e implantação de obras de engenharia. Tais obras encontram-se assentadas sobre ou próximas à superfície do terreno, constituída, na maioria das vezes, por um espesso manto de materiais inconsolidados, resultantes da atuação dos processos de intemperismo.

O mapa de materiais inconsolidados, um dos produtos do mapeamento geotécnico, apresenta as suas características geotécnicas quanto à origem, à textura, à espessura e ao comportamento laterítico dos níveis de alteração. Neste trabalho, adotou-se o conceito de materiais inconsolidados utilizado por Zuquette,<sup>8</sup> ou seja, todo material sobrejacente à rocha seja ele residual ou transportado. Englobam-se neste último grupo o colúvio e o material aluvionar.

Assim, conhecendo-se as características do meio físico e respeitando-se as suas limitações, é possível que sua utilização se faça de maneira adequada, evitando-se não apenas os danos que possam advir de eventuais ocupações como também gastos futuros com obras corretivas.

## **Características gerais da área**

A área de estudo situa-se na porção centro-leste do Estado de São Paulo e porção sudoeste do município de Campinas, entre os meridianos de 47°03'45" e 47°11'45" W e os paralelos 22°55'00" e 23°00'00" S, totalizando uma área de aproximadamente 120 km<sup>2</sup> que engloba, principalmente, o município de Campinas e subordinadamente o município de Valinhos (Figura 1). A cidade de Campinas dista cerca de 100 km da Capital e as principais vias de acesso são as rodovias Anhangüera (SP-330), Bandeirantes (SP-348), Santos Dumont, Estrada Velha Indaiatuba-Itu (SP-079) e Via D. Pedro I (SP-065).

O clima local, segundo IG,<sup>3</sup> pode ser caracterizado como subtropical de altitude, com verão quente e úmido e inverno frio e seco, apresentando temperatura média anual de 20,6°C. A precipitação média é de aproximadamente 1.700 mm, concentrados no período mais chuvoso, que compreende os meses de outubro a março.

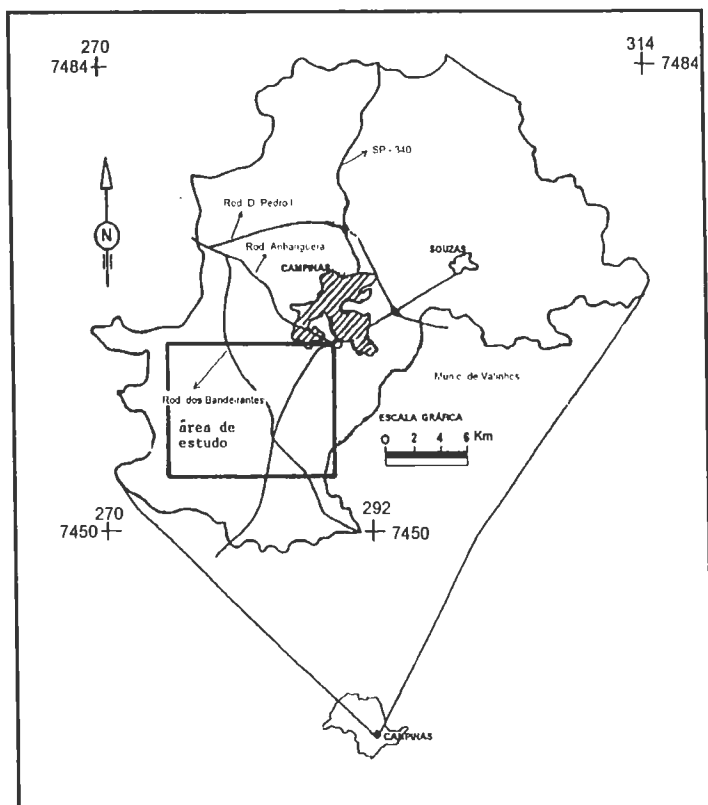


FIGURA 1 – Mapa de localização da área estudada.

O crescimento urbano e industrial, aliado ao desenvolvimento de culturas anuais (cereais), semipermanentes (café e eucalipto) e pastagens, provocou a redução da vegetação natural (cerrados e matas galerias), restringindo-a atualmente às margens de rios.<sup>9</sup>

Do ponto de vista geológico, a área é constituída principalmente por rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (arenitos, siltitos e argilitos) e, subordinadamente, por rochas gnáissicas e miloníticas do Complexo Itapira, aflorantes na porção sudeste da região estudada. As rochas miloníticas pertencem à Zona de Cisalhamento Campinas (de direção NNE), feição esta frequentemente encoberta por rochas do Subgrupo Itararé. O contato deste Subgrupo com o Embasamento Cristalino é de caráter erosivo e irregular. Os sedimentos cenozóicos são representados por materiais de origem aluvionar.<sup>3</sup>

Geomorfologicamente, segundo Christofoletti & Federici,<sup>2</sup> a região de Campinas compreende uma zona de transição entre dois compartimentos geomorfológicos distintos: a Província Planalto Atlântico e a Província Depressão Periférica. O limite entre as duas é de caráter transicional, ou seja, não é prontamente perceptível. A Depressão Periférica, com predomínio na área, apresenta relevos colinosos, enquanto o Planalto Atlântico, morrotes alongados paralelos.<sup>3</sup>

## Aspectos metodológicos

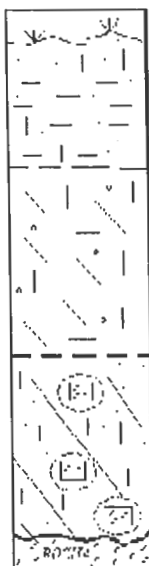
Os trabalhos de campo utilizaram como mapa-base as seguintes folhas topográficas na escala 1:10.000, confeccionadas pela Coordenadoria de Ação Regional – Divisão de Geografia do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, em 1979: Campinas V (SF.23-Y-A-V-4-50-D), Campinas VI (SF.23-Y-A-V-4-SE-C), Campinas VIII (SF.23-Y-A-V-4-SO-F) e Campinas IX (SF.23-Y-A-V-4-SE-E). Os resultados obtidos referentes aos materiais inconsolidados são apresentados na escala 1:25.000.

A metodologia utilizada foi a proposta por Zuquette,<sup>8</sup> que contempla o levantamento de um grupo de atributos do meio físico, os quais são registrados em mapas e cartas interpretativas associadas a memoriais descritivos, contendo informações de interesse para o planejamento urbano/regional. O autor define atributo como sendo as qualidades pertinentes aos componentes do meio físico e que são considerados dados básicos e necessários para a sua classificação geológico-geotécnica.

Para a definição das unidades de materiais inconsolidados foram utilizados atributos do substrato rochoso, das formas de relevo, dos perfis típicos de alteração, dos ensaios laboratoriais, além dos trabalhos de campo e de fotointerpretação.

Os materiais inconsolidados, conforme a proposta adotada neste trabalho, compreendem os solos residuais e retrabalhados. Os solos residuais englobam os níveis do saprolito, do residual jovem e do residual maduro. O solo retrabalhado é caracterizado pelo colúvio e materiais aluvionares. Frequentemente, os solos residuais e transportados, à exceção dos materiais aluvionares, são separados por uma linha de seixos de composição variada. Em virtude da não observação da linha de seixos, durante os trabalhos de campo, o reconhecimento dos materiais retrabalhados foi prejudicado.

A classificação de solos adotada para a descrição dos perfis de alteração pode ser observada na Figura 2.



#### SOLO RESIDUAL MADURO

residual, evoluído pedogeneticamente, argilo-arenoso, argilo-siltoso, silte argiloso, silte arenoso, geralmente de coloração avermelhada, homogêneo, estrutura microagregada com macroporos ou maciço porosa

#### SOLO RESIDUAL JOVEM

residual, pouco evoluído, silte arenoso, areno-siltoso, coloração variegada, heterogêneo, estrutura incipiente da rocha original, alteração de feldspatos em caulinita, micas alteradas ou não, fragmentos de quartzo

#### SAPROLITO

residual, primeiro nível de alteração do solo a partir da rocha, areno-siltoso, areia com pouco silte, coloração variegada predominando tons claros, heterogêneo, estrutura original da rocha preservada, grãos e fragmentos de feldspato e quartzo, blocos e matações de rocha sã e alterada

FIGURA 2 – Descrição de perfil de solo adolado na área.

Durante os trabalhos de campo foram descritos 157 pontos, sendo 44 selecionados como mais representativos e amostrados em todos os níveis de alteração existentes, obtendo-se amostras indeformadas e deformadas. As primeiras foram retiradas pelo método do anel,<sup>8</sup> por meio da cravação de um anel metálico de 10 cm de diâmetro e 5 cm de altura com o intuito de obter a massa específica dos sólidos ( $\rho_s$ ), massa específica seca de campo ( $\rho_{\text{dnal}}$ ) e índice de vazios natural ( $e_0$ ). As amostras deformadas foram utilizadas para os ensaios de granulometria conjunta,<sup>6</sup> caracterização da fração fina do solo pelo método de adsorção do azul de metileno<sup>7</sup> e para a classificação MCT – compactação mini-MCV e perda por imersão.<sup>5</sup>

A classificação MCT (Miniatura, Compactado, Tropical), especialmente desenvolvida para solos tropicais e voltada para finalidades rodoviárias, permite a divisão destes solos em dois grupos, a saber: o de comportamento laterítico (L) e os de comportamento não-laterítico (N). Pode-se dizer que este ensaio fornece o comportamento do solo e não o seu grau de laterização.

Os solos de comportamento laterítico (L) são divididos em três grupos que consideram aspectos granulométricos, ou seja:

- LG' – argilas lateríticas e argilas lateríticas arenosas;
- LA – areias com pouca argila laterítica; e
- LA' – areias argilosas lateríticas.

Da mesma forma, os solos de comportamento não-laterítico (N) são divididos em quatro grupos:

- NG' - argilas, argilas siltosas e argilas arenosas não lateríticas;
- NS' – siltes cauliniticos e micáceos, siltes arenosos e siltes argilosos não lateríticos;
- NA' – areias siltosas e areias argilosas; e
- NA – areias siltosas, com siltes quartzosos e areias com muita argila.

A quantidade de azul de metileno adsorvida pelas amostras analisadas permite a determinação da capacidade de troca de cátions (CTC – meq/100 g de solo), da superfície específica (SE – m<sup>2</sup>/g), dos índices VB e Acb, onde VB é a quantidade de adsorção de azul de metileno pelo solo (VB – g/100 g de solo) e Acb é a quantidade de adsorção de azul de metileno pela fração argilosa (Acb – g/100 g de argila).<sup>7</sup>

Lautrin<sup>4</sup> elaborou um diagrama de Acb x Argila (%) cuja finalidade era caracterizar a atividade da fração fina dos solos e estimar a sua composição (Figura 3).

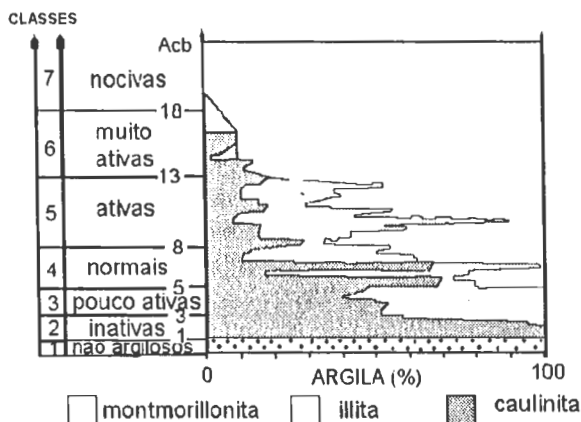


FIGURA 3 Diagrama da atividade das argilas pelo método do azul de metileno (cf Lautrin<sup>4</sup>).

Com os resultados obtidos por meio do ensaio de adsorção do azul de metileno, foi possível estimar a composição dos argilo-minerais presentes nas amostras analisadas.

## **Caracterização das unidades de materiais inconsolidados**

Para a individualização das unidades de materiais inconsolidados utilizaram-se as informações constantes dos mapas de formas de relevo e de substrato rochoso. Também foram levados em consideração os resultados obtidos nos ensaios de laboratório, as observações de campo no que diz respeito à presença de matacões e à representatividade lateral e vertical (espessura máxima e mínima) dos materiais inconsolidados, os trabalhos de fotointerpretação e, por último, os dados de sondagens profundas existentes para os locais com intenso grau de urbanização.

Desta maneira, foram definidas na área 12 unidades de materiais inconsolidados (Figura 4), sendo cada unidade caracterizada por um perfil típico de alteração que traz, para cada um dos horizontes, informações sobre a gênese, textura, espessura máxima e mínima, classificação quanto ao comportamento laterítico, atividade dos argilo-minerais, índices físicos e ainda a presença de minerais micáceos e matacões.

Para a classificação textural adotou-se a proposta de Collares.<sup>1</sup>

Cabe aqui a ressalva de que as espessuras dos materiais inconsolidados podem estar subestimadas, uma vez que as medidas máximas estabelecidas foram obtidas por meio de observações diretas no campo.

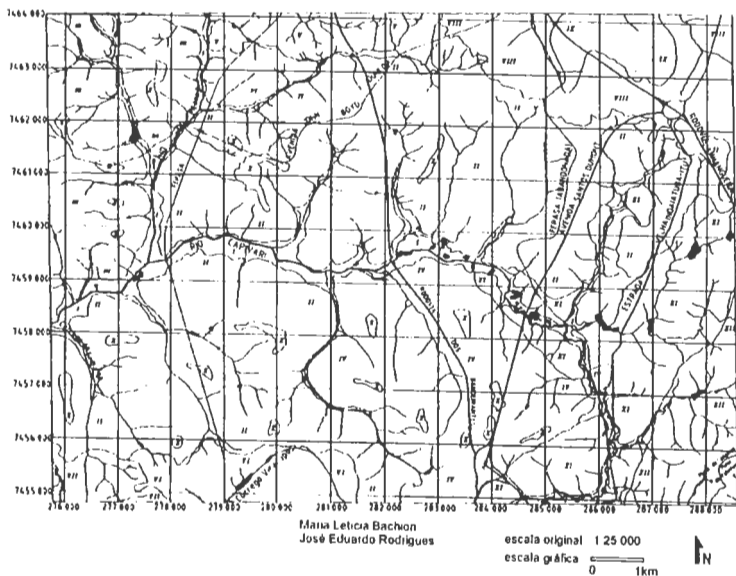
### **Unidade I**

Corresponde aos materiais aluvionares encontrados, principalmente, junto ao Rio Capivari. Apresenta textura predominantemente arenosa (70% de areia), quando associada às rochas areníticas do Subgrupo Itararé. Entretanto, quando associada às rochas gnáissicas do Embasamento Cristalino, as porcentagens de silte e argila atingem 52% e 30%, respectivamente, atribuindo-lhe textura silto-argilosa.

Em várias localidades são encontradas explorações de areia destinada ao uso em construção civil.

Não foi observado o desenvolvimento de um perfil típico de alteração para esta unidade.





## LEGENDA

### CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL INCONSOLIDADO

(HAVE) Horizonte, Espessura, Textura, Atividade dos argilominerais, Classificação MCJ  
 R = residual RM = residual maduro RJ = residual jovem SP = saprolito  
 N = normal A = ativo PA = pouco ativo MA = muito ativo  
 NC = nocivo I = inativo

- I** Material Aluvionar, textura arenosa ou silto-argilosa  
 Subgrupo Itararé
- II** R, 2,0-4,0m, areia com pouco silte/areia com pouca argila, I a A, LA'-LA'  
 SP, 0,5-1,3m, areia/areia com pouco silte, com mica, N, NA-NA'
- III** R, 0,9-5,0m, areia com pouco silte, com mica, I a PA, LA'  
 SP, 0,6-1,5m, areia com pouco silte, com mica, MA, NA'
- IV** R, 1,0-4,0m, areia com pouco silte/areia com pouca argila/areia argilo-siltosa, I a PA, LA'-LG'  
 SP, 1,0m, areia com pouco silte, N, LA'
- V** RM, 0,5-0,8m, silte com pouca areia/silte com pouca argila, PA a N, NA'-LA'  
 RJ, 1,0m, silte argiloso, PA a N, NG'-LG'  
 SP, 2,0-8,0m, silte/silte argiloso, N a NC, NA'-NG'-NS'
- VI** RM, 2,5m, argilo-arenoso/argilo-siltoso/silto-argiloso, I a N, LG'  
 RJ, 1,0m, argilo-siltoso, I, LG'  
 SP, 0,5-3,5m, silte argiloso/argilo-siltoso, I a N, NA'-NG'-LG'
- VII** R, 3,0m, silte com pouca argila, N, NA'-NG'
- VIII** R, 4,0-10,0m, arenoso
- IX** R, silto-argiloso
- X** R, ~2,0m, areia com pouco silte/areia com pouca argila, I a PA, LA'-LA'

### Complexo Itapira

- XI** RM, 0,6-2,0m, argilo-arenoso/argilo-siltoso/silte argiloso, PA a MA, LG'-NS'-NG'  
 RJ, 0,9-2,5m, silte arenoso/areno-siltoso, N a A, NG'-NS'-NA'  
 SP, 0,5-4,0m, areno-siltoso, MA a N, NS'
- XII** RM, 2,0m, silte arenoso/argilo-arenoso, I a MA, LG'-NG'  
 RJ, 1,0-1,5m, areno-siltoso, N a NC, NG'-NS'  
 SP, 1,5m, areia com pouco silte, NC, LA

FIGURA 4 Mapa de materiais inconsolidados da porção sudoeste do município de Campinas.

## Unidades associadas ao Subgrupo Itararé

### Unidade II

É a unidade predominante da fácies arenosa do Subgrupo Itararé. O substrato rochoso é representado por arenitos finos a grossos, feldspáticos e com presença de minerais micáceos.

Esta unidade está associada a uma região de relevo caracterizado por colinas médias, com declividades da ordem de 5%-10% na porção inferior do Rio Capivari, e de 10%-20% em sua porção superior.

As frações areia, silte e argila encontram-se, respectivamente, nas faixas de 52%-80%, 9%-30% e 10%-21%.

Mineralogicamente, o quartzo é o componente principal, podendo ocorrer micas, feldspatos e argilo-minerais. A atividade encontrada para o nível do saprolito deve estar relacionada com a presença de argilominerais do grupo da caulinita, o que não implica, necessariamente, laterização deste solo.

A presença de feições erosivas, tais como ravinas e boçorocas, é comum.

Os dados do perfil representativo desta unidade encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Perfil de alteração estabelecido para a unidade II

Horizonte	Espessura (m)	Classificação textural	Atividade (azul de metileno)	Classificação MCT	pd natural (g/cm <sup>3</sup> )	pd máximo (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	$e_n$
residual	2,0-4,0	areia com pouco silte areia com pouca argila	inativa a ativa	LA'-LA	1,22-1,47	1,93-2,01	2,59-2,63	0,77-0,15
saprolito*	0,5-1,30	areia areia com pouco silte	Normal	NA-NA'	1,40-1,44	1,85-1,92	2,60-2,61	0,80-0,86
rocha - arenito fino a grosso, micáceo, feldspático								

\* Com minerais micáceos.

### Unidade III

Esta unidade ocorre na porção NW da área, onde o substrato rochoso é constituído por arenitos finos e pouco micáceos da fácies arenosa do Subgrupo Itararé. Localmente ocorrem arenitos de textura média a grossa com presença de feldspato, além dos minerais micáceos.

O relevo local é caracterizado por colinas pequenas com declividades de 10%-20%, apresentando elevada densidade de drenagem quando comparada com as demais unidades da fácies arenosa.

As frações areia, silte e argila encontram-se na faixa de 64%-70%, 15%-22% e 13%-18%, respectivamente.

O quartzo é o componente principal, ocorrendo ainda minerais micáceos. Os argilo-minerais presentes no nível residual provavelmente pertencem ao grupo da caulinita, e os presentes no nível do saprolito, ao grupo da illita. Tal constatação pôde ser feita observando-se os resultados do ensaio de adsorção de azul de metileno.

Tanto o material rochoso quanto os materiais inconsolidados pertencentes a esta unidade apresentam feições erosivas do tipo ravina.

Os elementos que melhor caracterizam o perfil desta unidade são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Perfil de alteração estabelecido para a unidade III

Horizonte	Espessura (m)	Classificação textural	Atividade (azul de metileno)	Classificação sílica MCT	pd natural (g/cm <sup>3</sup> )	pd máximo (g/cm <sup>3</sup> )	P <sub>s</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	C <sub>0</sub>
residual*	0,9 5,0	areia com pouco silte	inativa a pouco ativa	LA	1,30 1,43	1,93 2,0	2,60 2,64	0,82 1,02
saprolito*	0,6 1,5	areia com pouco silte	muito ativa	NA*	1,34	1,82	2,60	0,94
rocha - arenito fino, pouco micáceo								

\* Com minerais micáceos

## Unidade IV

Ocorre na porção centro-sul da área, tendo como substrato rochoso arenitos finos a médios, com presença comum de níveis conglomeráticos. Os seixos destes níveis conglomeráticos apresentam formas subarredondadas a facetadas, geralmente de tamanhos centimétricos. Litologicamente são constituídos de gnaisses, quartzitos, arenitos, siltitos e argilitos suportados por matriz arenosa.

Morfologicamente, o relevo é caracterizado por colinas alongadas com baixa densidade de drenagem e declividades da ordem de 5%-10%.

A fração areia ocorre na faixa de 46% a 78%, enquanto as frações silte e argila ocorrem em proporções de 15%-23% e 6%-38%, respectivamente.

O mineral predominante nesta unidade é o quartzo, sendo que nos locais onde ocorrem níveis conglomeráticos há presença de feldspato. Os argilo-minerais encontrados no nível residual são do grupo da caulinita e

os presentes no nível do saprolito são dos grupos da illita e montmorillonita, como mostram os resultados do ensaio de adsorção de azul de metileno.

O comportamento laterítico encontrado para o nível do saprolito pode estar relacionado à operacionalidade do ensaio para solos com altas porcentagens de areia, uma vez que este solo apresenta 78% desta fração.

O perfil mais característico desta unidade tem características mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 – Perfil de alteração estabelecido para a unidade IV

Horizonte	Espessura (m)	Classificação textural	Atividade (azul de metileno)	Classificação MCIT	$\rho_d$ natural (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_d$ máximo (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	$e_0$
residual	1,0-4,0	areia com pouco silte	inativa a pouco ativa	I.A' I.G'	1,23 1,52	1,77 2,03	2,62 2,69	0,77 1,15
		areia com pouca argila						
		areia argilo-siltosa						
saprolito	1,0	areia com pouco silte	nociva	I.A'	1,29	1,86	2,63	1,04
rocha - arenitos finos a médios com níveis conglomeráticos								

## Unidade V

Esta unidade situa-se na porção norte da área onde predominam, como substrato rochoso, siltitos maciços (ritmitos) do Subgrupo Itararé. Estas rochas apresentam intenso "empastilhamento".

Nesta região domina o relevo de colinas pequenas com elevada densidade de drenagem e declividades da ordem de 10%-20%, embora localmente possam atingir valores superiores a 50% por estarem associadas às vertentes de drenagens encaixadas.

Nas amostras analisadas, a fração silte atinge elevados teores (50%-74%), enquanto a fração argila ocorre entre 13%-47% e a fração areia entre 5%-23%.

Os argilo-minerais presentes nos níveis residuais possivelmente são do grupo da caulinita c, no nível do saprolito, dos grupos da caulinita c illita.

Os materiais inconsolidados que compreendem os níveis de solo residual jovem e maduro são pouco espessos, como pode ser observado no perfil estabelecido para esta unidade, representado na Tabela 4.

Tabela 4 – Perfil de alteração estabelecido para a unidade V

Horizonte	Espessura (m)	Classificação textural	Atividade (azul de metileno)	Classificação MCT	pd natural (g/cm³)	pd máximo (g/cm³)	P <sub>s</sub> (g/cm³)	e <sub>0</sub>
residual mais duro	0,5-0,8	silte com pouca areia silte com pouca argila	pouco ativa a normal	NA <sup>+</sup> LA	1,57-1,66	1,78-1,89	2,59-2,60	0,57-0,65
residual jovem	1,0	silte argiloso	pouco ativa a normal	NG <sup>+</sup> LG <sup>+</sup>	1,39-1,53	1,66-1,73	2,56-2,69	0,67-0,93
saprolito	2,0-8,0	silte argiloso	normal a nociva	NA <sup>+</sup> NG <sup>+</sup> NS	1,43-1,68	1,56-1,7	2,64	0,57-0,85
rocha				siltitos				

## Unidade VI

Esta unidade ocupa a porção SW da área e ocorre sobre argilitos e siltitos pertencentes aos ritmitos do Subgrupo Itararé. Estas rochas constituem depósitos potenciais para a exploração de argila de uso na indústria cerâmica.

A geomorfologia local é caracterizada por colinas médias com baixa densidade de drenagem e declividades predominantes de 5%-10%.

As frações argila, silte e areia atingem, respectivamente, proporções de 37%-45%, 25%-48% e 7%-36%.

Os argilo-minerais, tanto do nível do saprolito como dos níveis residuais, são do grupo da caulinita, conforme indicado pelos resultados do ensaio de adsorção de azul de metileno.

O perfil mais representativo para esta unidade pode ser visualizado na Tabela 5.

Tabela 5 – Perfil de alteração estabelecido para a unidade VI

Horizonte	Espessura (m)	Classificação textural	Atividade (azul de metileno)	Classificação MCT	pd natural (g/cm³)	pd máximo (g/cm³)	P <sub>s</sub> (g/cm³)	e <sub>0</sub>
residual mais duro	2,5	argilo arenoso argilo silteoso silte argiloso	Inativa a normal	LG <sup>+</sup>	1,20-1,29	1,64-1,68	2,54-2,61	1,02-1,12
residual jovem	1,0	argilo silteoso silte argiloso	Inativa	LG <sup>+</sup>	1,39	1,71	2,56	0,81
saprolito	0,5-3,5	argilo silteoso argilo silteoso	Inativa a normal	NA <sup>+</sup> NG <sup>+</sup> LG <sup>+</sup>	1,48-1,53	1,56-1,63	2,65-2,72	0,78-0,80
rocha				argilitos e siltitos				

## Unidade VII

Ocupa uma porção muito pequena no extremo sudoeste da área, onde é encontrada uma associação litológica de siltitos e arenitos pertencentes aos ritmitos do Subgrupo Itararé.

A densidade de drenagem é média e o relevo é representado por colinas pequenas com declividades da ordem de 10%-20%.

A fração silte, predominante, atinge 62%, enquanto as frações argila e areia atingem 33% e 5%, respectivamente.

O perfil mais comum para esta unidade é bastante simples, estando esquematizado na Tabela 6.

Tabela 6 – Perfil de alteração estabelecido para a unidade VII

Horizonto	Espessura (m)	Classificação textural	Atividade (azul de metileno)	Classificação MC <sup>+</sup>	pd natural (g/cm <sup>3</sup> )	pd máximo (g/cm <sup>3</sup> )	P <sub>6</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	e <sub>0</sub>
Residual	2,5	silte com pouca argila	normal	NA' - NG'	1,63	1,77	2,58	0,58
Rocha – siltitos e arenitos								

As unidades VIII e IX estão situadas em áreas densamente urbanizadas onde a presença de afloramentos é rara ou inexistente. Neste caso, fez-se necessária a utilização de dados de sondagens para a caracterização da subsuperfície e, para tanto, recorreu-se aos poços profundos cadastrados pelo IG<sup>3</sup> e disponíveis para a área.

## Unidade VIII

De acordo com as descrições dos poços, esta unidade apresenta como substrato rochoso arenitos provavelmente pertencentes ao Subgrupo Itararé. O material inconsolidado varia de 4 a 10 m de profundidade, apresentando textura predominantemente arenosa. A morfologia do relevo é representada por colinas médias com densidade de drenagem muito baixa e declividades da ordem de 5%-10%.

Em razão da inexistência de exposições dos materiais rochosos e inconsolidados, não foi possível estabelecer um perfil típico de alteração para esta unidade.

## Unidade IX

As descrições dos poços indicam um substrato rochoso constituído por argilitos também provavelmente pertencentes ao Subgrupo Itararé com o desenvolvimento de materiais inconsolidados de textura silto-argilosa.

Assim como a unidade VIII, esta unidade está inserida em um relevo de colinas médias, com declividades variando de 2% a 10%.

## Unidade X

Esta unidade ocupa as posições de topos aplainados (declividades menores que 2%), distribuindo-se, principalmente, nas áreas onde ocorrem as unidades arenosas (unidades II, III e IV). É caracterizada por materiais inconsolidados maduros, de textura arenosa, comportamento laterítico (segundo classificação MCT) e com espessuras comumente superiores a 2 m.

O constituinte mineralógico principal é o quartzo e os argilo-minerais são do grupo da caulinita.

O perfil estabelecido para esta unidade é bastante simples por apresentar apenas um nível de alteração (Tabela 7).

Tabela 7 - Perfil de alteração estabelecido para a unidade X

Horizonte	Espessura (m)	Classificação textural	Atividade (azul de metileno)	Classificação MCT	pd natural (g/cm <sup>3</sup> )	pd máximo (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	$e_0$
residual	> 2,0	areia com pouco silte areia com pouca argila	inativa a pouco ativa	LA LA'	1,22 1,32	1,97-2,01	2,62-2,64	1,0 1,15
Rocha - siltitos e arenitos								

## Unidades do embasamento cristalino

### Unidade XI

Ocupa a porção sudeste da área onde aparecem, como substrato rochoso, biotita-gnaisses bandados pertencentes ao Complexo Itapira.

O relevo é caracterizado por morrotes alongados paralelos, com declividades variando de 10%-20%, embora localmente ocorram

declividades entre 20%-30%. A densidade de drenagem é alta com padrão subparalelo.

Nos níveis inferiores desta unidade predomina, como mineral principal, o quartzo; podem ocorrer também minerais micáceos e feldspatos. Os argilo-minerais englobariam, possivelmente, os grupos da caulinita, illita e montmorillonita, a depender do grau de alteração e da composição mineralógica da rocha pretérita. Assim, a atividade dos argilo-minerais encontrada para o nível de solo residual jovem pode estar indicando que este se encontra em um estágio inicial do processo de laterização. Ainda que ocorram argilo-minerais do grupo da caulinita, estes não são os predominantes.

Na porção do solo residual maduro, os argilo-minerais são dos grupos da caulinita e possivelmente da illita, conforme os resultados obtidos pelo ensaio de adsorção de azul de metileno.

É peculiar a esta unidade a presença de blocos e matacões ao longo do perfil de alteração.

Em virtude da não-existência de mudanças significativas que justificassem a definição de uma nova unidade, os materiais inconsolidados relacionados com a Zona de Cisalhamento Campinas foram agrupados.

O perfil mais freqüentemente observado para esta unidade é esquematizado na Tabela 8.

Tabela 8 – Perfil de alteração estabelecido para a unidade XI

Horizonte	Espessura (m)	Classificação textural	Atividade (azul de metileno)	Classificação MCT	pd natural (g/cm <sup>3</sup> )	pd máximo (g/cm <sup>3</sup> )	P <sub>s</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	c <sub>0</sub>
residual maduro #	0,6-2,0	argilo-arenoso argilo-siltoso siltoso	pouco ativa a muito ativa	I.G. NS NG	0,93-1,52	1,48-1,72	2,60 2,75	0,78 1,88
residual jovem #	0,90-2,5	siltoso argilo-arenoso arenoso-siltoso	normal a ativa	NG NS NA	1,0-1,24	1,49-1,88	2,63 2,88	1,12 1,76
saprolito #	0,5-4,0	arenoso-siltoso	muito ativa a nociva	NS	1,19-1,39	1,51-1,72	2,59 2,65	0,87 1,22
rocha - biotita gnaiss bandado								

# Presença de matacão.

\* Presença de minerais micáceos.

## Unidade XII

Esta unidade é encontrada no extremo sudeste da área, onde ocorre granada-biotita gnaiss de tom cinza-claro a cinza-médio, podendo exi-



bir, localmente, aspecto granitóide e ocelos de feldspato.

Assim como na unidade XI, o relevo é caracterizado por morrotes alongados paralelos, com alta densidade de drenagem e declividade predominante entre 10%-20%, embora localmente ocorram declividades de 20% e 50%.

Nos níveis inferiores desta unidade (saprolito e residual jovem), o quartzo predomina, porém ocorrem ainda minerais micáceos e feldspato. Os argilo-minerais pertencem, possivelmente, aos grupos da caulinita e montmorillonita, em função tanto do grau de alteração como da composição mineralógica da rocha original.

No nível do solo residual maduro, os argilo-minerais são dos grupos da caulinita e possivelmente da illita, conforme os resultados obtidos pelo ensaio de adsorção de azul de metileno.

O comportamento laterítico encontrado para o nível do saprolito pode estar relacionado à presença de grande quantidade da fração areia (70%) e à presença de minerais micáceos, que prejudicam a execução do ensaio.

O perfil mais característico para esta unidade é mostrado na Tabela 9.

Tabela 9 – Perfil de alteração estabelecido para a unidade XII

Horizonte	Profundidade (m)	Classificação Textural	Atividade (azul de metileno)	Classificação MCT	pd natural (g/cm <sup>3</sup> )	pd máximo (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	$c_n$
residual maduro	2,0	silo arenoso argilo arenoso	inativa a muito ativa	I.G. NG*	1,03 1,37	1,49 1,52	2,60 2,67	0,90 1,59
residual jovem*	1,0 1,5	areno silteoso areia com pouco silte	normal e nociva	NG* NS*	1,07 1,46	1,52 1,88	2,66 2,68	0,83 1,48
saprolito*	1,5		Nociva	LA	1,74	1,74	2,74	0,57
Rocha granada biotita gnaissos								

\* Presença de minerais micáceos

## Adsorção de azul de metileno e classificação MCT para a caracterização dos perfis de alteração

Fez-se uma correlação entre os resultados do ensaio da adsorção de azul de metileno e a classificação MCT, visando à definição do comportamento dos materiais inconsolidados por meio de técnica mais simples, rápida e menos onerosa. Para tanto, estão representados na Figura 5 os

valores do índice VB em função da porcentagem de argila (AG), com a diferenciação dos comportamentos laterítico e não-laterítico, obtida com a classificação MCT.

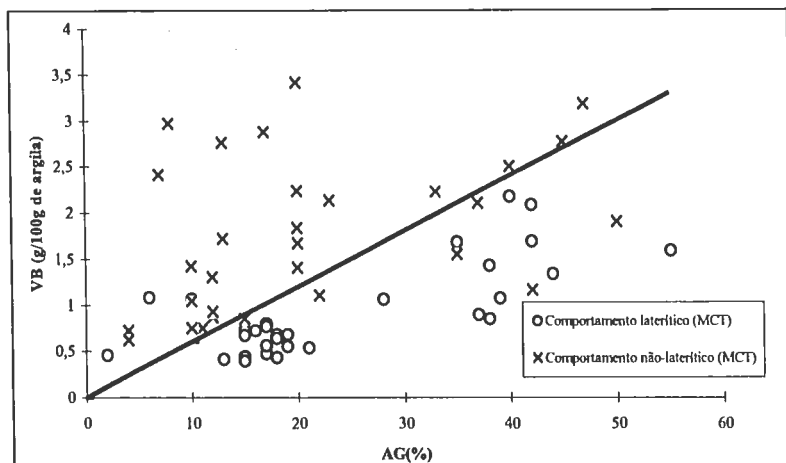


FIGURA 5 – Índice VB x porcentagem de argila dos materiais inconsolidados, mostrando o comportamento laterítico e não-laterítico, obtido com a classificação MCT.

Estabelecendo-se uma reta inclinada, de caráter arbitrário, que separa os campos de ocorrência dos materiais de comportamento laterítico e não-laterítico, a correlação assume valores significativos. Pode-se observar, então que abaixo da reta se situam 90% dos materiais de comportamento laterítico e, acima dela, ocorrem 80% dos materiais de comportamento não-laterítico.

Na Figura 6 observa-se o gráfico elaborado a partir dos valores de azul de metileno adsorvidos por 100 g de argila. Pode-se notar que 87% dos materiais com comportamento laterítico se encontram abaixo do valor de  $A_{cb} = 5$ , e 87% dos materiais com comportamento não-laterítico encontram-se acima deste valor. Assim, a faixa de 5 g/100 g de argila pode ser considerada uma faixa divisória, concordando com o observado por Pejon.<sup>7</sup>

Portanto, pode-se dizer que há uma correlação bastante elevada entre os resultados obtidos por meio da adsorção de azul de metileno e o comportamento laterítico/não-laterítico obtido com a classificação MCT.

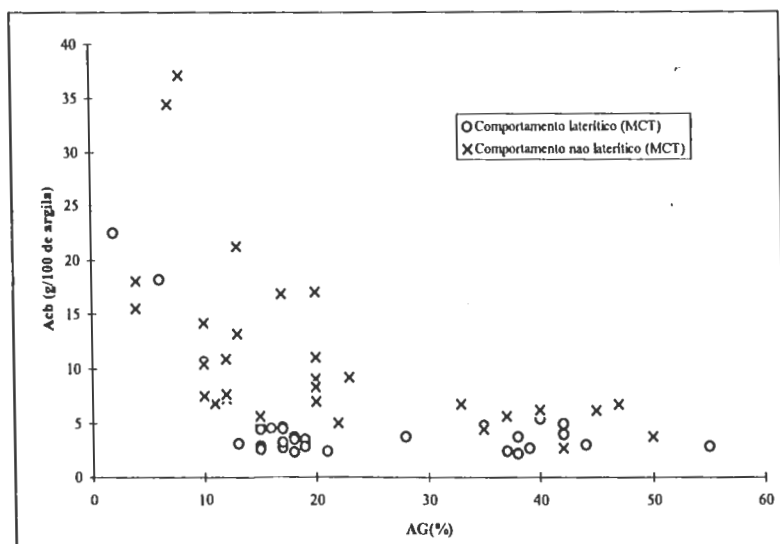


FIGURA 6 Índice Acb x porcentagem de argila dos materiais inconsolidados, mostrando o comportamento laterítico e não laterítico, obtido com a classificação MCT.

Em termos práticos, pode-se afirmar que o ensaio de adsorção de azul de metileno, ao estabelecer o comportamento laterítico e não-laterítico com cerca de 90% de certeza, reduz o número de ensaios para somente 10% das amostras, tendo em vista a definição destes comportamentos pela classificação MCT. Tal fato representa um ganho substancial de tempo e está de acordo com a filosofia do Mapeamento Geotécnico, segundo a proposta adotada.

## Conclusões

A metodologia empregada mostrou-se bastante satisfatória para a realização do mapeamento geotécnico na região do município de Campinas na escala 1:25.000.

Pela análise dos atributos do meio físico, como o substrato rochoso, formas de relevo e perfis típicos de alteração foi possível a definição de 12 unidades geotécnicas de materiais inconsolidados. Cada unidade está representada por perfis de alteração com informações a respeito da textura, espessura, comportamento laterítico, atividade dos argilo-minerais e índices físicos.

A ausência de linha de seixos impossibilitou a separação entre os níveis coluvionares e residuais.

O estudo dos perfis de alteração para as unidades de materiais inconsolidados provenientes do Subgrupo Itararé é prejudicado em virtude da variação faciológica e das grandes espessuras que atingem principalmente os materiais inconsolidados desenvolvidos sobre a fácies arenosa deste Subgrupo. Para a definição das unidades provenientes de rochas gnáissicas, a utilização dos perfis de alteração mostrou-se bastante satisfatória.

Os resultados obtidos por meio do ensaio de adsorção de azul de metileno, quando comparados com os obtidos pelo ensaio de classificação MC'T, apresentaram uma correlação que atinge valores de até 90%. Tal correlação possibilita uma ótima estimativa do comportamento laterítico por meio do ensaio de adsorção de azul de metileno, o que se traduz como vantagem, por ser este de execução mais rápida e de menor custo.

A execução do ensaio mini-MCV pode ser prejudicada quando o material apresenta grande quantidade da fração areia e presença de minerais micáceos.

## Agradecimentos

Ao CNPq, PADCT/FINEP e FAPESP, pelo apoio financeiro ao trabalho.

BACHION, M. L., RODRIGUES, J. E. Geotechnical characterization of unconsolidated materials from the urban and urban expansion area of the southwestern region of Campinas city – São Paulo State, scale 1:25.000. *Geociências (São Paulo)*, v.16, n.2, p.413-432, 1997.

- **ABSTRACT:** *This paper presents the geotechnical characterization map of unconsolidated materials (1:25.000 scale) from the southwestern portion of Campinas city, State of São Paulo, Brazil. In order to define the geotechnical units, the following attributes have been used: bed-rock, relief form and weathering profiles, in addition to field works, photo-interpretation and lab results (grain size, specific gravity of solids, metilene-blue adsorption, mini-MVC and immersion mass-loss). Twelve units were defined as typical*

weathering profiles, and are presented with some soil constants, origin informations, grain size, thickness, lateritic behavior, clay mineral activity.

- **KEYWORDS:** *Unconsolidated materials; geotechnical units; attributes and weathering profiles.*

## Referências bibliográficas

- 1 COLLARES, E. G. *Mapeamento geotécnico da Quadricula de Bragança Paulista (escala 1:50.000): ênfase nos materiais inconsolidados*. São Carlos, 1994. 125p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2v.
- 2 CHRISTOFOLETTI, A., FEDERICI, H. *A Terra Campineira (Análise do quadro natural)*. Campinas: Indústrias Gráficas Mousinho, 1972. 100p.
- 3 IG – INSTITUTO GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Subsídios do Meio Físico-Geológico ao Planejamento do Município de Campinas (SP)*. São Paulo, 1993. 3v.
- 4 LAUTRIN, D. Utilisation pratique des paramètres dérivés de l'essai au bleu de méthylène dans les projets de génie civil. *Bull. Labo. P. et Ch.*, fevr.-mars, 1989. p.53-65.
- 5 NOGAMI, J. S., VILLIBOR, D. F. Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA, 1981, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ – CNPq, 1981. v.1, p.30-41.
- 6 NOGUEIRA, J. B. Mecânica dos Solos – Ensaio de Laboratório. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos/USP. *Publ.*, n.94/95, 1995.
- 7 PEJON, O. J. *Mapeamento geotécnico regional da Folha de Piracicaba – SP (escala 1:100.000): Estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos*. São Carlos, 1992. 224p. Tese (Doutoramento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2v.
- 8 ZUQUETTE, L. V. *Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras*. São Carlos, 1987. 673p. Tese (Doutoramento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 3v.
- 9 \_\_\_\_\_. *Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico; fundamentos e guia para elaboração*. São Carlos, 1993. 330p. Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2v.