

# CARTA PEDOLÓGICA DAS ÁREAS URBANA E SUBURBANA DE SÃO CARLOS (SP)

**Lorandi, Reinaldo**

**Universidade Federal de São Carlos**

**Departamento de Engenharia Civil**

Rodovia Washington Luis, Km 235, Caixa Postal 676, CEP 13565-905 – São Carlos (SP)

Fonefax: (0XX16) 2748259

**Castro, Dalva M.**

**Universidade Federal de São Carlos**

**Mestranda do PPG – Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil**

Rodovia Washington Luis, Km 235, Caixa Postal 676, CEP 13565-905 – São Carlos (SP)

Fonefax: (0XX16) 2748259

**Feres, Roberto**

**Universidade Federal do Acre**

**Departamento de Engenharia Civil**

Rodovia BR364, Km 4, Caixa Postal 500, CEP 69915-900 – Rio Branco (AC)

Fonefax: (0XX68) 2291422.

## RESUMO

Os constantes problemas decorrentes da expansão das áreas urbanas, das cidades de porte médio, têm requerido, cada vez mais e em maior nível de detalhamento, informações sobre o meio físico e, em especial, os solos. Este trabalho tem o objetivo de obter o mapeamento de distribuição das unidades pedológicas, na escala 1:10.000, para as áreas urbana e de expansão urbana da cidade de São Carlos, cujas informações são de grande auxílio na elaboração de cartas interpretativas, necessárias ao planejamento do uso e ocupação do solo e capacidade de utilização para fins de engenharia civil. A metodologia utilizada buscou adequar os limites das unidades cartográficas conhecidas, para a área em estudo, à nova base cartográfica na escala 1:10.000, através da interpretação de fotografias aéreas e de expedições de campo, atravessando todas as unidades fisiográficas previamente delimitadas. Foram identificadas sete unidades cartográficas, das quais seis são unidades taxonômicas simples e um agrupamento indiscriminado.

## ABSTRACT

The constant problems caused by urban expansion in Brazilian middle-sized towns have required better and more detailed information about the environment and specially the soil. This paper has the objective of elaborating the surface distribution of the pedologic units in the scale 1:10,000 for the urban and suburban areas of São Carlos. The information given by this distribution is very useful to elaborate interpretative charts which are used in urban planning and civil engineering.. The methodology fitted the limits of the known cartographic units for the survey area to the new cartographic basis in the scale 1:10,000, by using aerophoto interpretation and field expeditions of all previously limited fisiographic units. Seven cartographic units were identified: six of them refer to a single taxonomic unit and one is an undifferentiated soil group.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente estudo teve como objetivos principais a caracterização e classificação dos solos das áreas urbana e suburbana da cidade de São Carlos-SP, a fim de subsidiar trabalhos de planejamento e intervenções de caráter urbano.

As informações mostradas numa carta pedológica permitem correlações com diversos parâmetros empregados nas obras da engenharia civil urbana. Como exemplos podem ser citados:

A) para obras enterradas como os sistemas de drenagem, esgotos e outras redes de infra-estrutura:

-Areias Quartzosas: falta de coesão do solo provoca a necessidade de escoramento das paredes das valas; problemas de desalinhamento das redes, com necessidade de berços rígidos.

-Solos Orgânicos e Hidromórficos: nível d'água aflorante; baixa declividade longitudinal exigindo redes profundas; problemas de escavabilidade dada a coesividade dos materiais.

-Litossolos: difícil escavabilidade (necessidade de uso de explosivos).

B) para obras viárias, terraplenagem e pavimentação:

-Areias Quartzosas: problemas executivos na estabilização de taludes; riscos elevados de processo erosivo, em sulcos, em áreas não pavimentadas.

-Solos Orgânicos e Hidromórficos: baixa resistência à compressão com necessidade de substituição dos materiais de base e sub-base dos pavimentos; alta umidade, reduzindo a vida útil dos pavimentos.

-Litossolos: problemas com escavabilidade, necessidade de equipamentos pesados e explosivos.

C) para suporte de edificações e obras de fundação de edifícios:

-Areias Quartzosas: problemas executivos, gerados pela falta de coesividade do material, na perfuração e abertura de valas para as fundações.

-Solos Orgânicos e Hidromórficos: baixa resistência à compressão; problemas com colapsividade e expansibilidade; nível d'água aflorante.

-Litossolos: difícil escavabilidade.

Para o planejamento urbano, algumas informações são valiosas como o risco de inundações futuras nas ocorrências de solos Hidromórficos, a necessidade de preservação das áreas de recarga de aquíferos, nas ocorrências de Areias Quartzosas ou dos problemas de urbanização com lotes mínimos, nas faixas de Litossolo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área onde foi realizado um novo levantamento pedológico, agora na escala 1:10.000, situa-se na região central do Estado de São Paulo, engloba as zonas urbana e suburbana da cidade de São Carlos(SP) localizadas no Planalto de São Carlos, corresponde a uma superfície de 17.265,16 ha. e está compreendida entre as coordenadas 47°56'15" – 47°48'45" WGr e 21°57'30" – 22°05'00" Sul. O clima da região estudada é classificado, de acordo com o sistema de Köppen, como sendo do tipo Cwa, isto é, mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18° C e a do mês mais quente ultrapassa 22° C. Os regimes hídricos e térmicos dos solos da área, descritos por Oliveira et al (1975), são respectivamente údico e hipertérmico, em áreas inferiores a 1.000 metros de altitude, e térmico nas áreas mais elevadas. Com relação à Geomorfologia, Almeida, 1964 apud Zuquette (1981) relata que esta região do Estado de São Paulo faz parte da Província Geomorfológica das Cuestas Basálticas, onde as "cuestas" representam a borda dos derrames basálticos e se formam devido ao baixo ângulo de mergulho das camadas para noroeste, à espessura e à alta resistência dos derrames. De acordo com Brasil-DNPM (1979) ocorrem na área as seguintes formações geológicas e sua rocha mais representativa: Fm. Bauru (arenitos); Fm. Serra Geral (diabásios), Fm. Botucatu (arenitos) e depósitos aluvionares recentes.

A região em análise foi estudada e descrita pedologicamente em trabalhos anteriores elaborados sobre base cartográfica em escala 1:50.000 e menores, sem informações para os trechos recobertos por malha urbana. (Freire et al, 1980; São Paulo-IAC, 1984; Lorandi, 1985).

A metodologia utilizada buscou adequar os limites das unidades cartográficas conhecidas, para a área em estudo, à nova base cartográfica na escala 1:10.000 (São Paulo-IGC, 1989), através da interpretação de fotografias aéreas, escala 1:35.000 (São Paulo-Terrafoto, 1978), de mapeamento geotécnico, escala 1:25.000 (Aguiar, 1989) e de expedições de campo, atravessando todas as unidades fisiográficas previamente delimitadas.

O Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, op. cit. foi utilizado como suporte. Um modelo do relevo foi elaborado em computador pela digitalização do mapa topográfico, com posterior tratamento e apresentação das informações na forma digital, tendo sido utilizado, para tanto, os programas Tosca e IDRISI, ambos desenvolvidos pela Clark University (Eastman, 1995).

O modelo digital do relevo permitiu a elaboração de um modelo digital das declividades passível de manipulação das classes de declividade a serem apresentadas, permitindo a elaboração de cartas clinométricas que refletissem as variações do atributo solo para frente às características de cada landform analisado. A Figura 1 mostra uma das cartas clinométricas produzidas com as respectivas classes de declividade. Nela também são mostrados alguns cortes que exemplificam os principais "landforms" analisados na identificação dos limites das unidades fisiográficas.

A identificação dos principais limites entre as unidades mapeadas seguiu os critérios relacionados a seguir.

### 2.1. Limite entre os Latossolos Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo.

As observações de campo levaram à constatação de ocorrência de uma quebra do relevo no contato entre os Latossolos Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo.

A elaboração de cartas clinométricas para cada porção de terreno com características singulares levou à definição dos contatos, principalmente daqueles onde grandes porções do terreno estão urbanizadas, de maneira compatível com a escala pretendida.

As figuras 2 e 3 mostram o landform típico encontrado nas ocorrências dos contatos entre os

Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, para os Cortes 1 e 2 mostrados na Figura 1.

### 2.2. Limite entre os Latossolos Roxo e Vermelho Amarelo.

Os critérios de identificação foram análogos aos apresentados no item 2.1.

### 2.3. Limite das unidades de Litossolo.

-Áreas com declividade acentuada: Nas áreas com declividade acentuada ( $i > 20\%$ ), foram geradas cartas clinométricas setoriais, que, comparadas com a situação de campo, mostraram correlação dos solos rasos com faixas definidas da inclinação do terreno.

-Solos rasos em áreas de declividade inferior a 20%: Nas regiões externas à malha urbana, a análise conjunta das fotografias aéreas e da carta de materiais inconsolidados, escala 1:25.000 (Aguiar, 1989) serviu como valioso suporte para as expedições de campo. Cavas de fundações e taludes de corte para abertura de avenidas também foram de grande valia.

Onde o processo de urbanização encontra-se consolidado, impedindo a visualização nas aerofotos, não foi possível haver fase anterior e preparatória às expedições de campo, que localizaram pequenas ocorrências de Litossolo, não verificadas na escala 1:50.000, principalmente ao longo do córrego Gregório.

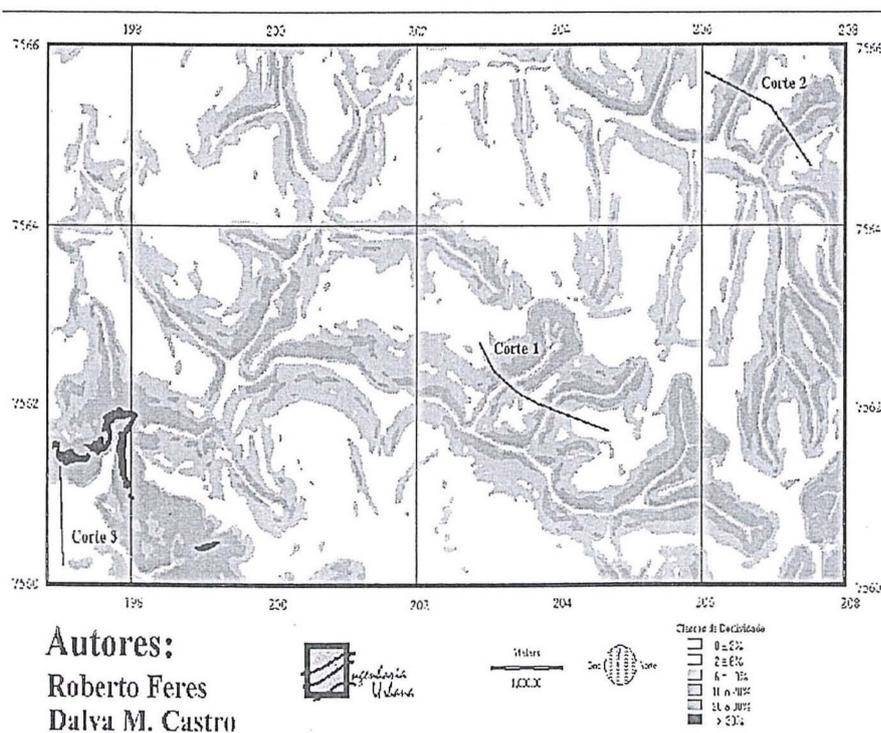


Figura 1 – Carta clinométrica parcial da área de estudo.

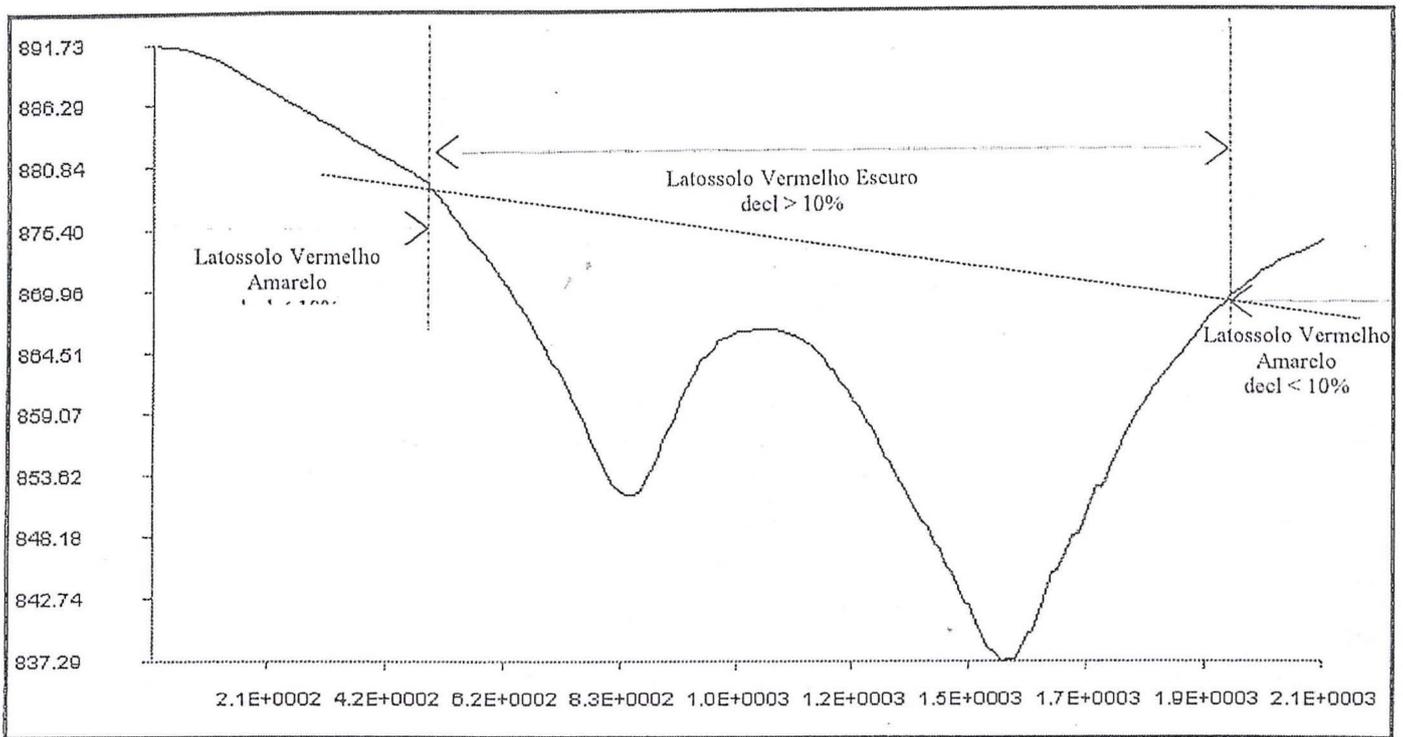


Figura 2 – Topossequência de solos típica do lado direito da parte superior da bacia do córrego Gregório (Corte 1).

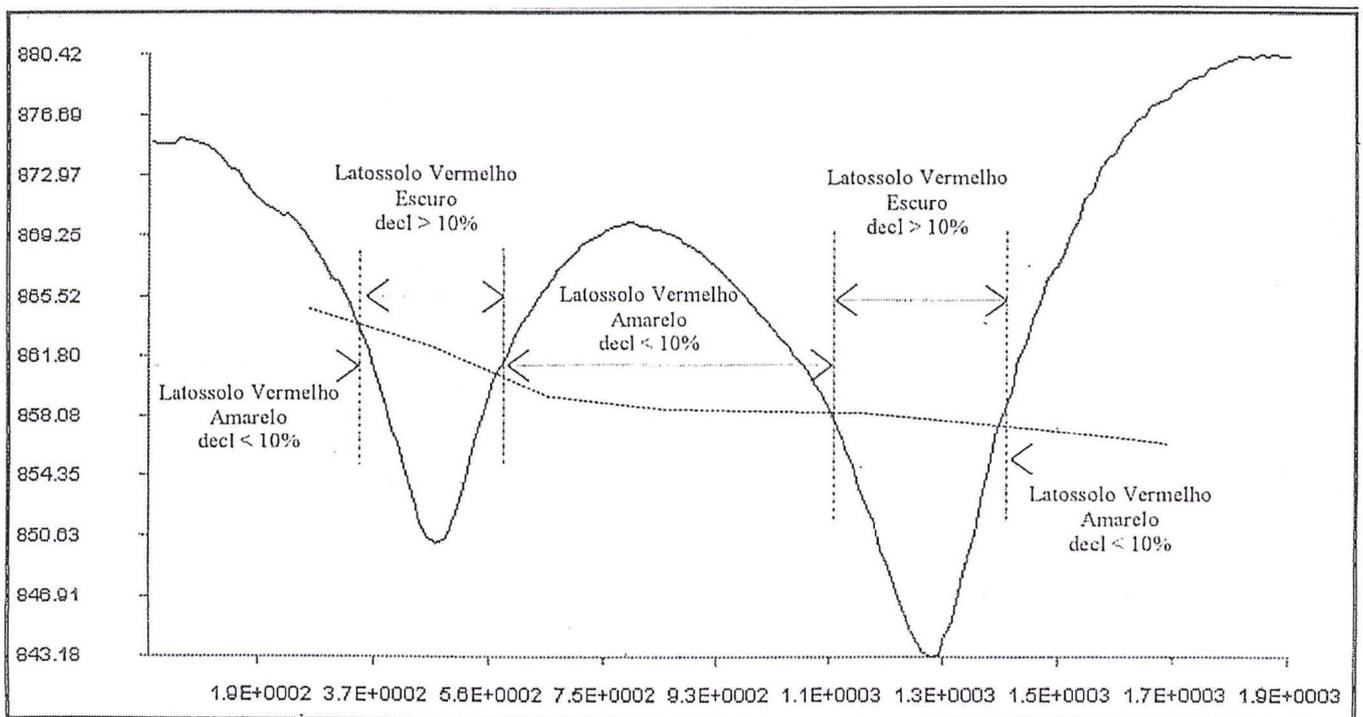


Figura 3 – Topossequência de solos típica do lado direito da parte superior da bacia do córrego Monjolinho (Corte 2).

Em ambos os casos, as expedições de campo, principalmente quando faixas mais extensas de terreno puderam ser inspecionadas, foram determinantes para delineamento dos limites das feições de Litossolo, bem como da separação entre as porções com caráter Eutrófico e Distrófico, inexistente em trabalhos anteriores.

#### 2.4. Limite dos agrupamentos Hidromórficos.

As porções de terreno com Solos Glei Húmico, Glei Pouco Úmico e Solos Orgânicos, foram identificadas também por correlação com a declividade do terreno. Foi verificada a ocorrência destes materiais em áreas de fundo de vale, cuja declividade, em corte transversal ao curso d'água, era inferior a 2%, além de baixa declividade do talvegue. Uma inspeção de campo permitiu que fosse feita a exclusão dos terrenos em que tal condição não se verificava.

A Figura 4 mostra uma situação típica de ocorrência desses agrupamentos.

### 3. DESCRIÇÃO DOS SOLOS

Foram identificadas 7 unidades de mapeamento de solos, cujos símbolos, nome da unidade e classificação, com base em Camargo *et al.*(1987), estão distribuídas em 6 unidades simples e uma

associação (Figura 5). As áreas ocupadas por todas as unidades e as respectivas distribuições, absoluta e relativa, estão citadas no decorrer do trabalho.

Os solos identificados enquadram-se nas seguintes classes, tanto em nível elevado como em níveis categóricos inferiores:

Solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico

Sob esta legenda estão agrupados os solos que apresentam horizonte B latossólico, precedido de qualquer tipo de horizonte A diagnóstico exceto turfoso. São solos profundos, friáveis, com teores de argila superiores a 15%, com pequena diferenciação entre horizontes apédicos ou com estrutura fraca a moderada, sem presença de cutans, com valores de CTC inferiores a 13 cmol(+)/Kg/solo, apresentando a mineralogia da fração argila constituída essencialmente de caolinita, gibbsita, hematita e minerais interestratificados.

Os latossolos constituem do ponto de vista espacial o mais importante agrupamento de solos da área pesquisada, abrangendo um total de 12.571,64 ha, ou seja 72,81 % da área total. Segundo Melfi e Pedro (1977), esses solos são caracterizados por laterização praticamente total, onde as condições climáticas da região estudada propiciaram uma predominância de solos ferralíticos intensamente lixiviados.

No nível categórico imediatamente mais baixo, foram identificadas três classes de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo álico A moderado textura média

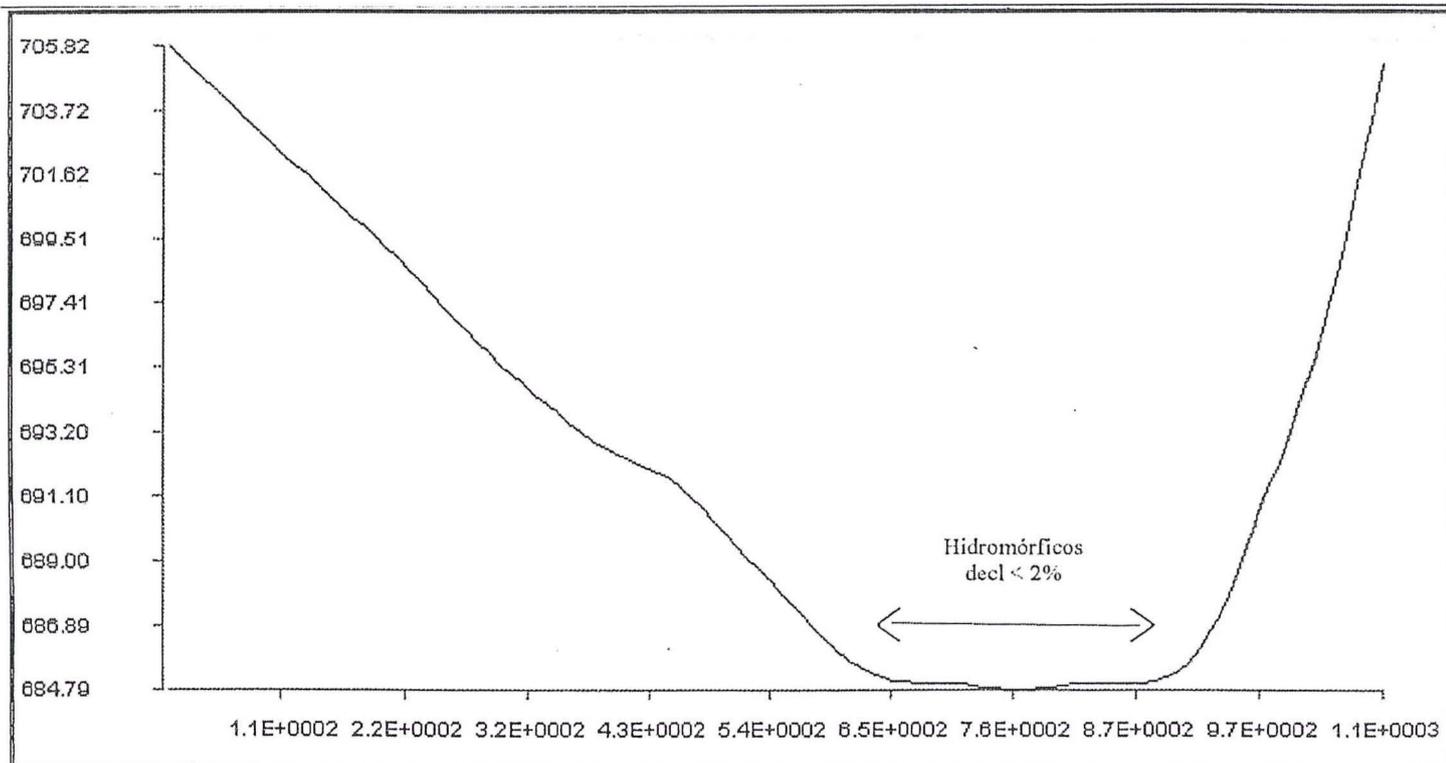


Fig. 4 - Toposequência típica das áreas com ocorrência de solos Hidromórficos

muito profundo fase relevo plano a suavemente ondulado, Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico A moderado textura média a argilosa muito profundo fase relevo ondulado e Latossolo Roxo distrófico A moderado textura argilosa muito profundo fase relevo suavemente ondulado. Segundo a classificação americana esses solos se enquadram, respectivamente, como Typic Haplorthox, Paleudultic Haplorthox e Distropeptic Haplacrox.

B) Associação de: Solos minerais hidromórficos com horizonte Glei, coincidente ou não com horizonte B textural e Solos hidromórficos consistindo em material orgânico.

Nesta categoria estão incluídos os solos que sofrem grande influência do lençol freático, sendo encontrados nas cotas topográficas mais baixas da área. São classificados como Glei Húmico (GH) e Glei Pouco Húmico (GPH) quando apresentam um

horizonte mineral gleizado simultâneo com B textural e Solos Orgânicos Não Tiomórficos (Or) quando constituído basicamente de material orgânico (50 a 70% do peso total) sem materiais sulfídricos ou horizonte sulfúrico. Essa unidade foi cartografada como uma associação em função das dificuldades de penetração nas áreas alagadiças, complexidade de distribuição e ocorrência de um padrão bastante intrincado. Ocupam cerca de 255,00 ha., representando 1,48% da área mapeada.

C) Solos minerais fracamente desenvolvidos, exclusive Vertissolos, sem horizonte diagnóstico subsuperficial.

Compreendem duas classes em nível categórico elevado:

1) Constituída por solos litólicos, não hidromórficos, pouca espessura até a rocha dura (excluindo petroplintita), apresentando perfil AR com ou sem horizonte C interveniente pouco espesso. Com

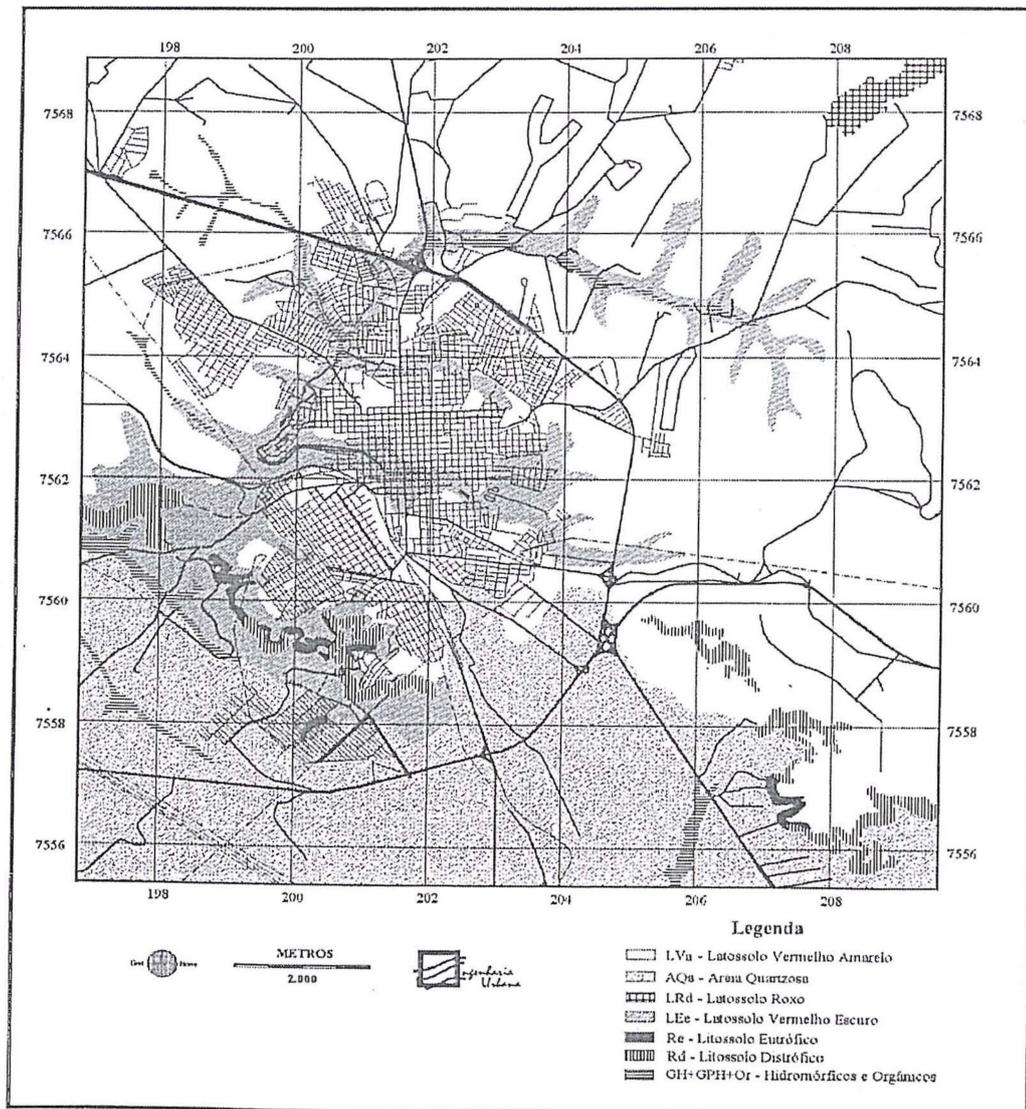


Figura 5 – Carta pedológica das áreas urbana e suburbana de São Carlos (SP).

base nas propriedades diagnósticas para divisões subsequentes de classes, identificou-se as seguintes unidades taxonômicas: Litossolo distrófico (Rd) A moderado textura arenosa raso relevo fortemente ondulado fase substrato arenito (Lithic Hapludent), ocupando 343,78 ha., representando 1,99% do total cartografado e Litossolo eutrófico A chernozêmico textura argilosa pouco cascalhenta raso relevo fortemente ondulado fase substrato basalto-diabásio (Oxic Distroptet), cobrindo uma área de 84,02 ha. e representando 0,49% do total cartografado.

2) Constituída por solos minerais hidromórficos ou não, apresentando perfil AC, formado em areias quartzosas. Pelo fato de serem solos desenvolvidos sobre material essencialmente quartzoso, a ação dos processos pedogenéticos é atenuada, resultando em perfis discretamente diferenciados, onde os processos de adição se destacam dos demais. Essa unidade é taxonomicamente classificada como Areias Quartzosas álica A moderado textura arenosa muito profundo fase relevo suavemente ondulada (Distroptic Quartzipsamment), correspondendo a 4010,72 ha., perfazendo 23,23% da área cartografada.

#### 4. Considerações finais

Pelo fato da cidade de São Carlos estar localizada num dos eixos de desenvolvimento do Estado de São Paulo (rodovia Washington Luis), fazendo com que nela venham se instalar empresas de grande porte, a exemplo recente da fábrica de motores Volkswagen, pretendeu-se com a elaboração da carta de solos, na escala utilizada neste trabalho, colaborar na discussão das propostas de planejamento do crescimento urbano e do novo Plano Diretor que começa a se desenvolver.

A utilização de modelos digitais de terreno para análise das variações de relevo associadas à gênese dos materiais inconsolidados (landforms) e caracterização das relações de campo contribuiu fortemente para a racionalização do trabalho de coleta e análise das informações de campo.

#### 5. agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Sérgio Antônio Röhm pela seção do equipamento para digitalização das cartas utilizadas no presente trabalho e ao Prof. Dr. Rene Levy Aguiar pela seção, mem meio magnético, do mapeamento produzido em sua dissertação de mestrado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, R.L. 1989. Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos, SP.: contribuição ao planejamento, São Carlos. USP-Campus de

São Carlos. 2v, 127p.+ 14 mapas (Dissertação de Mestrado).

Brasil. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. 1979. Projeto Sapucaí, estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais; relatório final de Geologia. Por Quirino Kaefer e outros. Brasília, DNPM/CPRM Superintendência Regional de São Paulo. 299p.il.; 4 map.color. 110cm (Série: Geologia, 4. Seção: Geologia básica, 2).

Camargo, M.N.; E. Klamt e J.H. Kauffman, 1987. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. B. Inf. Soc. bras. Ci. Solo, Vol. 12, Nº 1, pp. 11-33.

Eastman, J.R., 1995. Idrisi for windows user's guide. Clark University, Worcester, MA.

Freire, O.; Gimenes Jr, J.; Pessotti, J.E. e Carraro, E. 1980. Solos da Bacia do Broa. São Carlos. DCB/CCBS/UFSCar. 132p. + mapa (Relatório Interno).

Lorandi, R. 1985. Caracterização dos solos das áreas urbana e suburbana de São Carlos (SP) e suas aplicações. Piracicaba. USP-Campus de Piracicaba. 181p. (Tese de Doutorado).

Melfi, A.J. e G. Pedro, 1977. Estudos geoquímicos dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte I: Caracterização dos principais tipos de evolução pedogeoquímica. Rev. Bras. Geol., Vol. 7, pp. 271-286.

Oliveira, J.B.; Alfonsin, R.R. e Pedro Junior, M.J., 1975. Regimes hídricos e térmicos dos solos do Estado de São Paulo. In Anais do 15º Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Campinas-SP, pp. 359-362.

São Paulo-Instituto Agrônomo de Campinas, 1984. Levantamento semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos II. Memorial descritivo. Por J.B. Oliveira e H. do Prado, Campinas, 188p, il.

São Paulo-Instituto Geográfico e Cartográfico, 1989. Plano Cartográfico do Estado de São Paulo. Folhas: São Carlos I (SF-23-Y-A-I-1-NO-B), São Carlos II (SF-23-Y-A-I-1-NE-A), São Carlos IV (SF-23-Y-A-I-1-NO-D), São Carlos V (SF-23-V-C-IV-3-SO-F), Fazenda Capão de Antas (SF-23-Y-A-I-1-NE-C) e Rio do Monjolinho (SF-23-V-C-IV-3-SE-E). Escala 1:10.000. 6 mapas.

São Paulo-Terrafoto, 1978. Levantamento aerofoto-gramétrico do Estado de São Paulo. Obra 356. Escala 1:35.000. 9 pranchas 26x23.5cm.

Zuquette, L.V. 1981. Mapeamento geotécnico preliminar na região de São Carlos. São Carlos, SP, USP-Campus de São Carlos, 2v. 86p. (Dissertação de Mestrado).