

# APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SOTER PARA LEVANTAMENTO SEMI-DETALHADO DE SOLOS (1:50.000) NA REGIÃO DE QUERO-QUERO DO MUNICÍPIO DE PALMEIRA - PR

HELIO OLYMPIO DA ROCHA <sup>1</sup>  
PAULO FERREIRA CARRILHO <sup>2,4</sup>  
CARLOS HUGO ROCHA <sup>2,4</sup>  
MARCOS RAFAEL NANNI <sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> UFPR - Departamento de Solos - Laboratório de Fotopedologia e Interpretação de Imagens - Universidade Federal do Paraná  
C. Postal - n 672 - Curitiba - PR

<sup>2</sup> UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa / Dep. Solos  
P. Santos Andrade S/N - Ponta Grossa - PR

<sup>3</sup> UEM - Universidade Estadual de Maringá / Dep. Agronomia.  
Campus Universitário - Maringá - PR

<sup>4</sup> Alunos do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo /SCA/UFPR

**Abstract:** The methodology for small scale digital map and database compilation - The SOTER methodology - were applied to at scale 1:50.000, in the Quero-Quero region, at Paraná 2<sup>nd</sup> Plateau. It was consulted the existing geological, geomorphological and pedological data in order to delineate a map of SOTER units, whose terrains and soils attributes were stored in a proper file. These delineations were helped by the analysis of TM LANDSAT digital image. A total of 118 polygons were identified, and grouped into 36 SOTER units. The grouping criteria were soil development, trophic character, texture profile, rootable depth, nature of substratum and surface form. Due to changes in scale and in order to make the methodology compatible with local conditions, some of the concepts of SOTER were modified. The frame work used has showed efficient in order to delineate and group the mapping units: the SOTER units.

## 1 - INTRODUÇÃO

O principal objetivo do projeto SOTER (World Soils Terrain Digital Database Project) da Sociedade Internacional de Ciência do Solo é o desenvolvimento de um banco de dados de solos na escala 1:1.000.000 à nível mundial. Em consequência das limitações cartográficas impostas pela pequena escala, as unidades delineadas levam em conta apenas as macrofeições da paisagem e características dos níveis hierárquicos superiores dos sistemas de classificação de solos.

Um enfoque especial: fisiográfico - litológico e pedológico foi desenvolvido para o projeto SOTER, de modo que, mesmo em pequena escala uma grande quantidade de informações podem ser armazenadas e recuperadas. A unidade de mapeamento é a unidade SOTER (OLIVEIRA, 1992).

Esta metodologia de mapeamento digital em pequena escala e organização de banco de dados foi aplicada na escala de 1:50.000 em uma área

piloto no município de Palmeira no segundo planalto paranaense, conforme procedimentos adaptados a partir de Oliveira (1992). Foram analisadas as bases cartográficas disponíveis relativas à geologia, à geomorfologia, superfícies de erosão, padrões de drenagem e topografia, para o delineamento das unidades fisiográficas na escala 1:50.000. Estas unidades foram comparadas com o mapa de solos disponível na escala 1:50.000, agrupando-se ou não as unidades de acordo com o grau de similaridade encontrado. Os polígonos assim obtidos foram agrupados em unidades legendadas: a unidade SOTER, cujos atributos pedológicos e feições superficiais podem ser armazenadas em um banco de dados, para posterior uso e constante atualização. Algumas das características originais da metodologia necessitaram de pequenas alterações e inclusões de atributos, no sentido de torná-la compatível com as condições locais e de escala.

## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

## 2.1. - Área de Estudo

Localizada no segundo planalto paranaense, a colônia Quero-Quero, município de Palmeira, situa-se na porção centro sul do Estado, entre as coordenadas geográficas 25° 15' - 25° 30' S e 49° 50' - 50° 00' W. Este planalto é limitado na sua porção oriental pela escarpa, formado por arenitos devonianos. A escarpa constitui dentro da paisagem regional, conforme FUCK (1966), notável acidente topográfico, cujo *front* volta-se para o oriente, separando nitidamente o 1º do 2º planalto. O reverso da escarpa é caracterizado por uma sucessão de cuestas secundárias mantidas por chapas de arenitos mais resistentes. O planalto de Ponta Grossa, como também é conhecido, inclina-se suavemente para SW acompanhando desta forma, o mergulho das camadas sedimentares que o compõem.

Conforme FUCK (1966), os interflúvios são amplos, colinosos, com vertentes converxas. Frequentemente, as vertentes se desdobram em patamares e degraus estruturais sustentadas por camadas areníticas residuais mais resistentes.

O padrão de drenagem é retangular, em virtude dos cursos d'água estarem condicionados a elementos tectônicos, principalmente falhas e diáclases. A maioria dos rios é adaptada, às vezes com trechos subsequentes ou consequentes, todos pertencentes a bacia do rio Tibagi. Algumas várzeas típicas são encontradas apenas no vale deste rio, cujos depósitos são constituídos de sedimentos areno-argilosos. Nas vertentes, depósitos coluvionares são comuns.

Devido a pobreza do material de origem, em elementos químicos (por serem formados principalmente por quartzo com cimento caolínico), condicionados a um clima regional úmido, os solos formados são relativamente pobres, com baixa saturação de bases, apresentando consequentemente acidez elevada, argilas de baixa atividade e caráter álico ou distrófico.

Segundo o Levantamento de Reconhecimento do Estado do Paraná (EMBRAPA, 1984), os solos são predominantemente Cambissolos álicos. Ocorrem também certas porções de Latossolos Vermelho Escuro, álicos ou distróficos, que se desenvolveram provavelmente, segundo BIGARELLA (1968), do material coluvial proveniente do intemperismo das rochas do Grupo Itararé, situadas vertente acima.

São encontrados também áreas de solos Hidromórficos próximos aos cursos d'água e

regiões baixas sujeitas a inundações, bem como solos Litólicos, Areias Quartzosas e certas porções de afloramentos de rochas. Seu uso atual está principalmente caracterizado pelas culturas anuais e pecuária, realizadas em pastagens introduzidas e nos campos nativos e reflorestamentos com *Pinus spp.*

A fitofisionomia demonstra a predominância dos campos por toda área. Eles apresentam zonações diferentes com agrupamentos vegetais específicos, compreendendo campos secos, úmidos, pedregosos, banhados, sujos, bem como a vegetação de transição (BIGARELLA, 1968).

Segundo VELOSO (1982), estes campos estão associados a elementos da Floresta Ombrófila Mista, em geral instaladas nos fundos de vale, acompanhando cursos d'água.

Existem ainda a presença de capões, que constituem pequenas áreas de vegetação arbustiva e arbórea ilhados nas áreas de campo. Estes ocorrem como matas quase circulares em pequenas depressões ou nas cabeceiras das nascentes. Seu aspecto e composição florística é variável dependendo das condições florísticas locais e do estágio de desenvolvimento. Os capões mais desenvolvidos tem aspectos de mata, predominando na parte central as árvores características da formação de Araucárias.

A área de estudos compreende aproximadamente 144 Km<sup>2</sup>, constituída principalmente por rochas areníticas da Formação Furnas, do Devoniano Inferior, e pelos depósitos glaciais e periglaciais do Grupo Itararé, do Carbonífero Superior, com altitudes variando entre 800 e 960 m.s.n.m..

Segundo IAPAR (1978), o clima regional é classificado como Cfb, sub-tropical úmido, mesotérmico, com verões frescos e inverno, sem chegar a ser suficiente para caracterizar a existência de estação seca. A precipitação média anual encontra-se entre 1400 e 1500 mm. A temperatura média do mes mais quente é superior a 22° C e a do mes mais frio inferior a 18° C.

## 2.2. - Documentação Cartográfica

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes mapas temáticos disponíveis: a) mapa planialtimétrico na escala 1:50.000, folha SG-22-X-C-III-3, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; b) mapa pedológico semidetalhado escala 1:50.000 (CARRILHO et alii, 1993); c) folha geológica de Quero-Quero, escala 1:50.000 (FUCK, 1966); d) esboço geomorfológico, escala 1:50.000 (EFFLER, 1989).

### 2.3. - Fotografias aéreas

Foram utilizadas fotografias aéreas pancromáticas verticais em escala aproximada de 1:25.000, do voo aerofotogramétrico do ano de 1980.

### 2.4. - Imagens Orbitais

Além das fotografias aéreas, foi utilizada imagem orbital, em fita streamer, TM LANDSAT-5, órbita 221, ponto 078, na banda 5, como apoio para a análise dos dados.

Para processamento digital da imagem e confecção dos mapas temáticos foi utilizado o sistema geográfico de informações (SGI) e o sistema de tratamento de imagens multiespectrais (SITIM), ambos desenvolvidos pelo INPE. A escolha de um sistema geográfico de informações deve-se a possibilidade de integração entre vários dados obtidos de diferentes fontes (imagens orbitais, mapas geográficos, mapas geológicos, etc), quando adequada e corretamente utilizados (ASSUNÇÃO et alii, 1990).

### 2.5. - Metodologia

Conforme Oliveira (1992), a metodologia SOTER é muito flexível quanto aos procedimentos metodológicos relacionados ao delineamento das unidades de mapeamento e para o agrupamento das unidades com padrões semelhantes (Unidades SOTER). Cada equipe de trabalho pode, dentro de razoáveis limites, estabelecer seus próprios critérios.

Inicialmente foram consultadas as cartas bases existentes, anterioremente citadas. Os dados obtidos das cartas temáticas foram digitalizados gerando-se em seguida cartas de declividades, através dos recursos disponíveis pelo Sistema Geográfico de Informações (SGI/SITIM). Este sistema possibilitou também a análise interpretativa da sobreposição de todos os temas considerados acima.

Estes procedimentos, auxiliados pela análise de imagem digital e a integração das informações contidas nos mapas temáticos, através do SGI, permitiram o delineamento de unidades fisiográficas (unidades de paisagem) com relativa homogeneidade de padrão. Estes padrões guardam uma relação direta com o padrão de distribuição de solos.

Também através do uso do SGI/SITIM, compararam-se as unidades fisiográficas com o

mapa pedológico (escala 1:50.000). A interação entre os limites estabelecidos para as unidades fisiográficas com as unidades de solos, produziram diversas situações relativas ao número de unidades pedológicas abrangidas em cada unidade delineada.

No caso de abrangência de mais de uma unidade de mapeamento de solos pela compartimentação fisiográfica, uma avaliação da similaridade foi realizada para agrupamento daquelas que apresentaram características pedológicas similares, evitando assim uma multiplicação desnecessária. Esta avaliação foi baseada em critérios empíricos, relativos às características pedológicas consideradas importantes na interpretação do uso agrícola dos solos: profundidade efetiva, textura e gradiente textural, caráter trófico e declividades. Obteve-se assim as unidades de mapeamento.

Estas unidades de mapeamento foram convertidas em unidades SOTER pelo agrupamento de unidades com características similares. O critério utilizado foi adaptado de OLIVEIRA (1992):

1. Processo de desenvolvimento do solo: foram consideradas as unidades de desenvolvimento de solos definidas pela EMBRAPA (1981), encontradas na área obtidas a partir do mapa de solos existente (CARRILHO et al, 1993).

2. Caráter trófico: o caráter trófico foi incluído devido a sua importância relativa para rápida apreciação das características de fertilidade dos solos. Foram consideradas caráter eutrófico, distrófico e álico, conforme EMBRAPA (1981).

3. Textura: foram consideradas características texturais relativas a classe textural e diferença textural no perfil. Em relação a classe textural as unidades de mapeamento foram distribuídas em 4 classes: muito argilosa, argilosa, média e arenosa. Em relação a de diferenciação, distribuíram-se também em 4 classes: isotrópica, anisotrópica, contrastante e estratificada.

4. Profundidade efetiva: considerou-se como profundidade efetiva a avaliação da profundidade em centímetros da porção superior da cobertura pedológica, onde são ausentes impedimentos de qualquer natureza para o crescimento de raízes. Dividiram-se as unidades em 5 classes de profundidade (em centímetros): 0-25; 25-50; 50-100; 100-200; >200.

5. Natureza do substrato: foram consideradas as unidades litológicas encontradas na área, distribuindo-se da seguinte maneira: arenitos, folhelhos, varvitos, tilitos e tilóides do Grupo Itararé e arenitos da Formação Furnas.

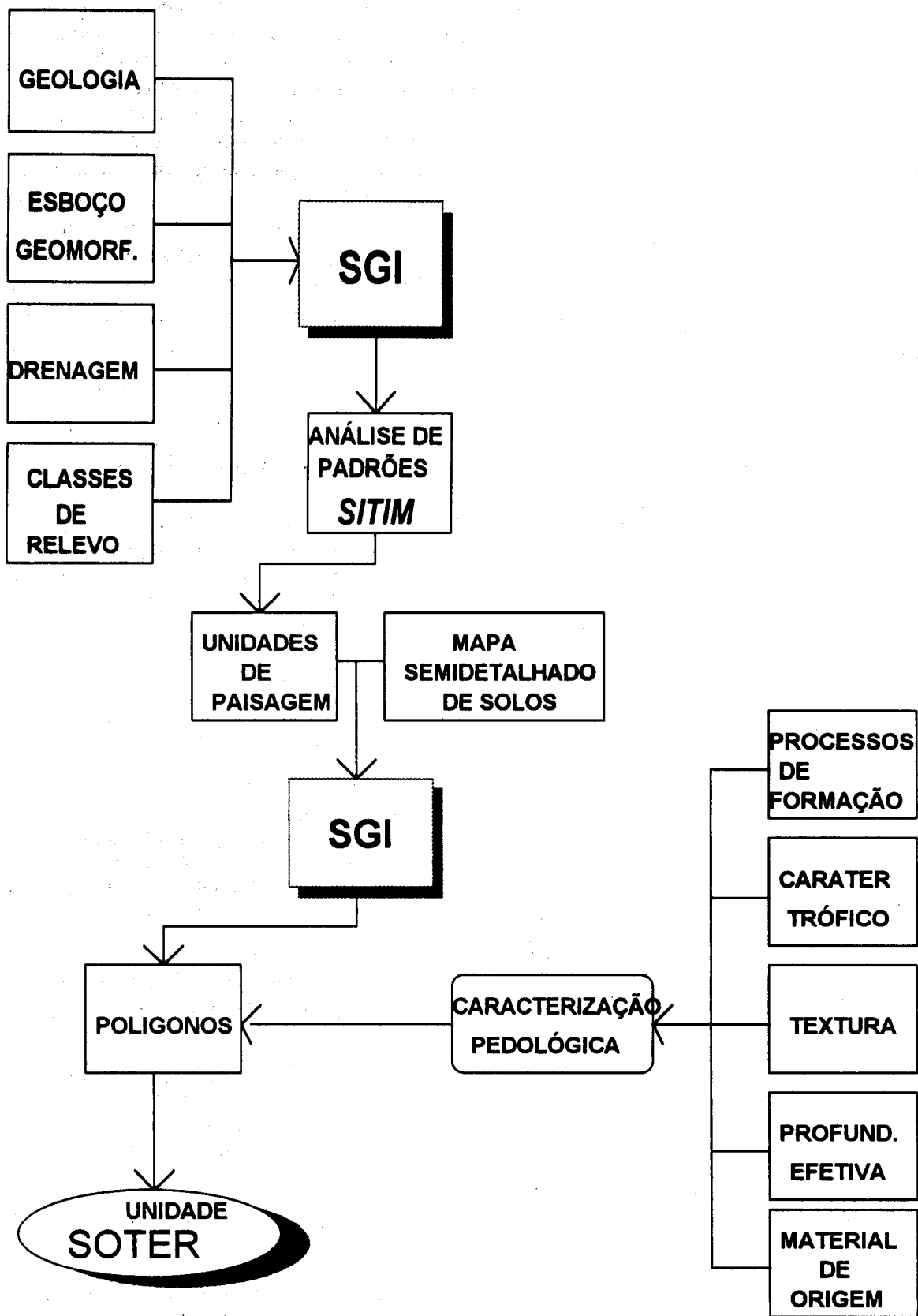


FIG. Nº1 : FLUXOGRAMA MOSTRANDO OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A figura nº 1 apresenta um diagrama que resume o trabalho, do ponto de vista metodológico.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos processos descritos obtiveram-se 118 unidades de mapeamento (polígonos) obtidos a partir da análise de 92 unidades do mapa semi-detalhado de solos disponível. Estes polígonos agrupados resultaram em 36 Unidades SOTER. Os resultados obtidos bem como a caracterização das Unidades SOTER são mostrados na tabela n 1.

A sequência metodológica (fig. nº 1) mostrou-se eficiente no delineamento das unidades fisiográficas, na análise destas unidades em conjunto com o mapa de solos disponível, delineando-se assim os polígonos. Mostrou-se eficiente também na transformação destes polígonos em Unidades SOTER.

Estes procedimentos foram facilitados pelo uso do Sistema de Informações Geográficas SGI/SITIM/INPE. A a) velocidade obtida nos processos de sobreposição de temas cartográficos multiplicando esforços, b) a possibilidade de seleção de diferentes combinações de planos de informação quando da análise dos diferentes níveis de unidades obtidas sequencialmente, c) a possibilidade de correlação entre as unidades mapeadas com os padrões observáveis nas imagens TM e d) a facilidade de observação das unidades em escalas diferenciadas, são algumas das vantagens da utilização destes sistemas.

O agrupamento dos polígonos em Unidades SOTER e a formação do banco de dados pode representar uma importante fonte de informações a respeito de características pedológicas mais importantes em relação ao uso agro-silvo-pastoril dos solos, aliando vantagens da facilidade de acesso e atualização destas informações.

As dificuldades encontradas referem-se especialmente ao desconhecimento inicial da metodologia e a relativa flexibilidade para sua determinação. Os procedimentos adotados, podem ser visualizados no esquema proposto na figura 1, contribuindo desta forma para um melhor entendimento da sequência das operações. Esta flexibilidade permite a adoção de critérios distintos que poderão ser aplicados a finalidades diversas incorporando diferentes planos de informação como fitofisionomia, aptidão agrícola, uso dos solos, coeficientes de erosão entre outros.

### 4 - CONCLUSÕES

Foi realizada uma adaptação da metodologia SOTER para escala 1:50.000. Os procedimentos adotados, aliados ao uso do Sistema de Tratamento de Imagens - SITIM/SGI, na digitalização de temas cartográficos, relativos a características geológicas, geomorfológicas e pedológicas, mostrou-se eficiente na determinação das unidades de mapeamento: as Unidades SOTER. Estas, devido a suas características, podem ser de grande aplicabilidade para a interpretação e avaliação das terras para fins agrícolas ou não, dependendo no entanto de maior número de investigações neste sentido.

### 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSUNÇÃO, G. V.; FORMAGGIO, A. R.; ALVES, D. S.; *Mapa de aptidão agrícola das terras e uso adequado das terras; uma abordagem usando SGI e imagens de satélite*. IN: VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. S.B.S.R.. Manaus - AM. 1990. pp 162 - 166.
- AVERY, T. E.; *Interpretation of aerial photographs*. Ed. 1977. Burgess Publishing Company. Minnessota. 392 p.
- BURING, P.; *The applications of photographs in soil surveys. of aerial* IN: Manual of Photographic Interpretation. Cap. 11. American Society of Photogrammetry. Washington. 1960. pp 633 - 666.
- CARRILHO, P. F. et Al; *Levantamento semi-detalhado de solos da colônia Quero-Quero no município de Palmeira. No prelo*.
- CARVALHO, A. P.; *Crítérios para distinção de classes de solos e de fases de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS*. Rio de Janeiro - RJ. EMBRAPA/SNLCS. 1988. 67 p. (EMBRAPA/SNLCS. Documentos, 11).
- CREPANI, E.; *Princípios básicos de sensoriamento remoto*. CNPQ/INPE. 1983. 45 p.
- DONZELI, P. L. et Al; *Imagens orbitais e de radar na definição de padrões fisiográficos aplicados a solos*. R. Bras. Sc. Solo, vol 7. SBSS. 1983. pp 89 - 94.

	Carater Trófico	Diferença Textural	Classe de Textura	Substrato	Profundidade Efetiva	Declividade	Unidade SOTER	Número de Polígonos		
Cámbico	Álico	Isotrópico	Média	Tilitos e Tilóides Do Grupo Itararé	50 - 100	3 - 8 %	1	1		
				Arenito Irararé	50 - 100	8 - 20 %	2	9		
						8 - 20 %	3	5		
					25 - 50	0 - 8 %	4	1		
				Arenitos, Tilitos e Tilóides do Grupo Itararé	100 - 200	0 - 3 %	5	2		
				Arenito Furnas	100 - 200	0 - 3 %	6	1		
					50 - 100	3 - 8 %	7	4		
						8 - 20 %	8	2		
					25 - 50	3 - 8 %	9	7		
						8 - 20 %	10	11		
					Arenito Itararé e Furnas	50 - 100	8 - 20 %	11	5	
				Arenito Furnas e Tilitos/Tilóides do Grupo Itararé	100 - 200	0 - 3 %	12	2		
				Argilosa	Folhelhos, Varvitos e Arenitos do Grupo Itararé	25 - 50	3 - 8 %	13	1	
				Anisotrópico	Média	Arenito Furnas	50 - 100	8 - 20 %	14	1
					Argilosa	Folhelhos, Varvitos e Arenitos do Grupo Itararé	50 - 100	3 - 8 %	15	1
						Arenito Itararé e Furnas	100 - 200	3 - 8 %	16	1

Tabela nº 1 - Característica das unidades SOTER

	Carater Trófico	Diferença Textural	Classe de Textura	Substrato	Profundidade Efetiva	Declividade	Unidade SOTER	Número de Polígonos
Latossólico	Distrófico	Isotrópico	Argilosa	Arenito Furnas	> 200	0 - 3 %	17	1
		Anisotrópico	Média	Arenito Furnas	> 200	3 - 8 %	18	2
			Argilosa	Arenito Furnas	> 200	3 - 8 %	19	2
		Arenito Itararé e Furnas		100 - 200	8 - 20 %	20	1	
	Álico	Isotrópico	Média	Arenito Itararé	> 200	8 - 20 %	21	1
				Arenito Furnas	> 200	8 - 20 %	22	2
					100 - 200	0 - 3 %	23	2
			3 - 8 %	24		5		
			Arenito Itararé e Furnas	> 200	3 - 8 %	25	1	
			Argilosa	Arenito Itararé	100 - 200	3 - 8 %	26	1
	Arenito Furnas	> 200		0 - 3 %	27	1		
	Litólicos	Distrófico	Isotrópico	Argilosa	Arenito Furnas	< 25	8 - 20 %	28
Média				Arenito Itararé	< 25	8 - 20 %	29	3
Álico		Isotrópico	Média	Arenito Furnas	< 25	> 20	30	3
				Arenito Furnas	25 - 50	8 - 20 %	31	11
			< 25		> 20	32	2	
				8 - 20 %	33	1		
Médie e Arenosa	Arenito Furnas	< 25	3 - 8 %	34	6			
Gleização	Álico	Isotrópico e Anisotrópico	Média	Arenito Furnas e Itararé	25 - 50	0 - 3 %	35	5
Afloramento de Rocha	-----	-----	-----	Arenito Itararé	-----	8 - 20 %	36	7

Tabela nº 1: Características das unidades SOTER ( continuação)

- EFFLER, D.; RUDOLPH, A. *Fernerkundung und Bodenkartierung - Erstellung einer vorläufigen Bodenkarte - Relatório de estágio no Laboratório de Fotopedologia e Interpretação de Imagens Dep. Solos / UFPR. Curitiba, 1989.*
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Curitiba - PR. EMBRAPA/SNLCS/SUDESUL/IAPAR.L 1984. (EMBRAPA/SNLCS. Boletim Técnico, 57).*
- FUCK, R. A.; Nota explicativa da folha geológica de Quero-Quero. Boletim da UFPR. Geologia, n 19. Centro de Documentação e Informações Geológicas. Curitiba - PR. 1966. 21 p.
- GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ: MINERAIS DO PARANÁ S. A.; *Mapa geológico do Estado do Paraná. Escala 1:650.000. Curitiba, MINEROPAR, 1989.*
- IAPAR. Carta climática do Estado do Paraná. IAPAR. Londrina - PR. 1978. 41 p.
- IBGE. *Carta planialtimétrica de Quero-Quero. Folha SG-22-X-C-III-3. 1990. Escala de publicação 1:50.000.*
- OLIVEIRA, J. B.; BERG, M. van den.; *Application of the SOTER methodology to a semi-detailed survey (1:100.000) in the Piracicaba region (São Paulo State, Brazil). Int. Soc. of Soil Sci. 111. SOTER report 6. 1992. 28 p.*
- RICCI, M.; PETRI, S.; *Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica. São Paulo - SP. 1965. Companhia Editora Nacional. 196 p.*
- ROCHA, H. O. da: *Estudo das feições morfológicas e dos solos através de fotos aéreas e procedimentos de campo em duas áreas na bacia sedimentar de Curitiba. IN: II Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. CNPQ/INPE. Brasília. 1982. pp. 307-310.*
- RUDOLF,
- VAN ENGELEN, V. W. P. and J. H. M. Pulles (Eds.), 1991. *The SOTER manual. Procedures for small-scale digital map and database compilation of soil and terrain conditions. 4 th edition. Working paper and preprint 91/3, ISRIC, Wageningen: 92pp.*
- WESTIN, F. C. ; FRAZEE, C. J.; *Landsat data, its use in a soil survey program. Soil. Sci. Soc. of Americ. Journal, vol. 40. 1976. pp. 81 - 89.*