

# **AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE UNIDADES FISIAGRÁFICAS E COBERTURAS DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICAS DA REGIÃO DO ALTO-MÉDIO PARAÍBA DO SUL (SP)**

**Tomoyuki Ohara**

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515, 12201-970, São José dos Campos, SP, {ohara}@itid.inpe.br  
Telefone (012) 325-6440, Fax (012) 325-6460

**Jairo Roberto Jiménez Rueda**

IGCE/UNESP - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP de Rio Claro,  
Caixa Postal 178, 13506-900, Rio Claro, SP, Fax (019) 534-8250

**Juércio Tavares de Mattos**

FEG/UNESP - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá  
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333, Bairro do Pedregulho, 12500-000, Guaratinguetá, SP,  
{juercio}@feg.unesp.br, Fax (012) 532-2466

**Abstract:** This paper presents the comparative considerations between informations of physiographic units and processes of weathering alteration, obtained in the upper-middle Paraíba do Sul region, São Paulo state. The physiographic units were obtained through the analysis of homogeneous photogeologic zones, observed in Landsat/TM images, in association with morphometric informations of altimetry, intensity of dissection and ordenation of textural and/or structural features. The informations of weathering alteration units (UAI) and weathering alteration covers (CAI), were connected with the interation of exogenous and endogenous processes of weathering alteration in the soils development.

**Keywords:** Remote Sensing; Physiographic Units; Processes of Weathering Alteration.

## Introdução

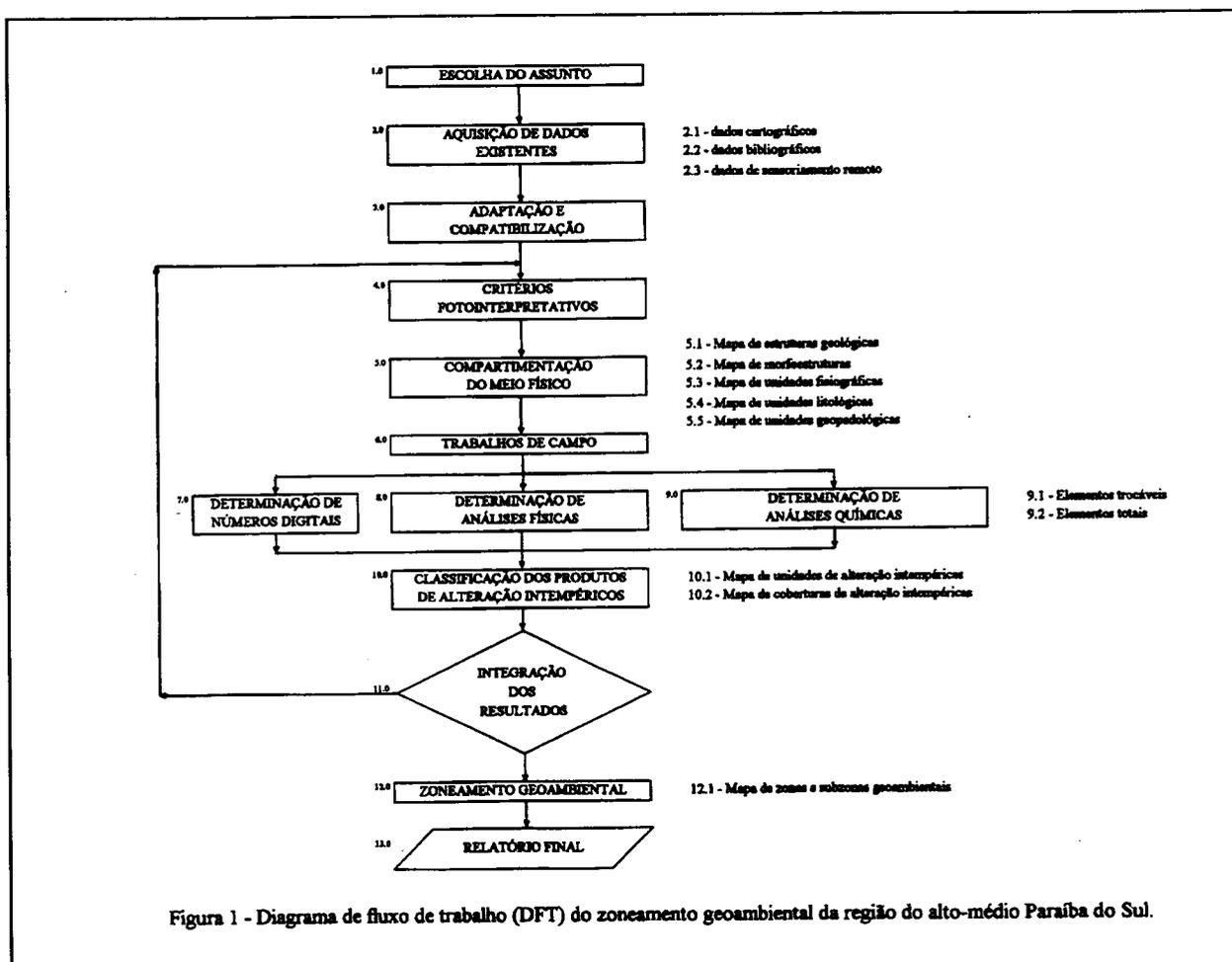
A região estudada corresponde a partes das serras da Mantiqueira e do Mar, abrangendo o alto-médio rio Paraíba do Sul e parte do litoral norte paulista. A área é constituída por uma grande complexidade litológica-estrutural, por variações climáticas acentuadas devido às grandes diferenças morfoaltimétricas, e por distintas formas de relevo decorrentes das interações entre litologia-clima-tectônica e pela ação dos diferentes ciclos modeladores da fisiografia.

Incorporou-se nesta pesquisa o estudo e a caracterização de unidades e de coberturas de alteração intempéricas, em função da existência, em nosso território, de extensas regiões sob a influência de climas

tropical e subtropical, freqüentemente com altos índices pluviométricos, consideráveis espessuras de material alterado e com diferentes estágios pedogenéticos, proporcionando a necessidade do conhecimento das características física, química e pedogenéticas dos horizontes constituintes e suas interrelações com o meio físico.

## Abordagem metodológica

A abordagem metodológica (Ohara, 1995; 1996) utilizada procurou investigar e caracterizar os atributos espaciais observados nas imagens TM/Landsat, através de técnicas de interpretação visual de dados (Figura 1).



Após a definição dos critérios fotointerpretativos, procedeu-se uma etapa de compartimentação do meio físico, através da análise dos elementos texturais de relevo e drenagem, identificados nas imagens TM/Landsat, com a delimitação de áreas com características fotointerpretativas, relativamente homogêneas e distintas das áreas adjacentes. Para melhorar a confiabilidade dessa compartimentação, foi

necessário fazer-se tanto a análise de homogeneidade como a análise de similaridade.

Dessa forma, a compartimentação do meio físico da região do alto-médio Paraíba do Sul foi representada por cinco mapas básicos, dentre eles o de unidades fisiográficas.

Com as amostras coletadas em diversos perfis de alteração intempéricos e de rochas subjacentes, foram determinadas as análises físicas e químicas, cujos dados georreferenciados foram analisados em seus aspectos

espaciais e estatísticos, auxiliando dessa forma a classificação dos produtos de alteração intempéricos.

As informações dessa classificação foram analisadas em função de processos específicos de alteração intempérica e/ou do tipo de colóide intempérico predominante (paragênese de colóides), e cartografadas em mapa de unidades de alteração intempéricas e em mapa de coberturas de alteração intempéricas.

## Resultados

O mapa de unidades fisiográficas da região do alto-médio Paraíba do Sul é resultado, da análise conjunta das zonas fotogeológicas homogêneas observadas nas imagens TM/Landsat, associadas com informações morfométricas de altimetria, intensidade de dissecação (grau de estruturação) e ordenação de feições texturais e/ou estruturais (ordem de estruturação), de acordo com os critérios fotointerpretativos pré-estabelecidos.

Em função das características fotointerpretativas observadas nas imagens TM/Landsat, conjugada com pesquisa de trabalhos correlatos existentes, verificou-se que a área estudada pode ser dividida em duas grandes unidades fisiográficas, denominadas de planalto (identificado pela letra **P**) e planície (**p**).

Essa macrodivisão foi estabelecida para fazer-se a identificação daquelas zonas fotogeológicas homogêneas, com as propriedades de textura fotográfica, assimetria de relevo, isotropia e declividade, consideradas com intensidade de regularidade de ocorrência nula daquelas não-nulas.

As zonas fotogeológicas homogêneas, com intensidade de regularidade de ocorrência nula, foram identificadas na macrodivisão de planície. Dessa forma, todas as outras zonas fotogeológicas homogêneas foram identificadas na macrodivisão de planaltos.

Na análise de informações morfométricas de altimetria, verificou-se que na região de ocorrência da macrodivisão de planaltos, poder-se-ia identificar cinco diferentes níveis morfométricos bem definidos e constantes, designados de muito alto (**ma**), alto (**a**), médio (**m**), baixo (**b**) e muito baixo (**mb**).

Para cada um desses diferentes níveis morfométricos foi estabelecido diferentes graus de estruturação na intensidade de dissecação das formas de relevo, qualificados em fortemente dissecado (**Fd**), moderadamente dissecado (**md**) e fracamente dissecado (**fd**).

Finalmente, para completar a classificação dos diferentes níveis morfométricos, foi estabelecido a ordem de estruturação, ou seja, a ordenação de feições texturais e/ou estruturais da isotropia. Dessa forma foram identificados, na análise de imagens TM/Landsat as feições orientadas (**o**), não-orientadas (**n**) e as formas escarpadas (**e**).

O nível morfométrico "muito alto" foi definido para aquelas regiões com cotas altitudinais superiores a 1.300 metros, as quais correspondem com a zona montanhosa. Essas regiões apresentam um clima, conforme a efetividade de precipitação, classificado como **Adr** e aspecto climático do solo com regime **perúdic**, determinados por Jiménez-Rueda et alii (1989b).

O nível "alto" corresponde à zona pré-montana alta, com altitude entre 1.200 e 1.300 metros, onde predominam, também o clima **Adr** com regime **perúdic**.

No intervalo entre 1.000 e 1.200 metros de altitude, foi caracterizado o nível "médio" que corresponde à zona intermediária entre a pré-montana baixa e a pré-montana alta, com clima **Bcr** e regime **údic**.

O nível morfométrico "baixo" foi identificado no intervalo altitudinal de 800 e 1.000 metros, onde predomina o clima intermediário entre **Ccr** e **Bcr**, com regime **údic** em zona de pré-montana baixa.

Finalmente foi definido o nível "muito baixo" para classificar o intervalo altitudinal entre 100 e 800 metros, especificamente para aquela região com formas escarpadas e de serranias existentes na província Costeira de Almeida (1964). Nessa região tem-se a predominância dos climas **Bcr** e **Adr**, correspondendo aos regimes **údic** e **perúdic** e à zona de pré-montana muito baixa.

No caso da macrodivisão denominada de planície, foi estabelecido uma divisão em dois tipos, sob o ponto de vista genético, ou seja, de erosão (**e**) e de acumulação (**a**). Para cada um desses dois tipos de planície foi subdividido em litorâneo (**l**) e em interplanáltico (**i**).

A planície de erosão litorânea (**pel**) foi caracterizada no intervalo altitudinal entre 100 e 500 metros, onde tem-se a predominância do clima **Bcr**, com regime de umidade dos solos **údic**. Existe uma correspondência com a classe geomorfológica "morros isolados".

A planície de erosão interplanáltico (**pei**) foi identificada na região do Vale do Paraíba, onde se tem altitudes entre 600 e 800 metros e um clima de transição entre **Ccr** e **Ccw**. O regime de umidade dos solos dessa planície é o **ústico**.

A planície de acumulação interplanáltica (**pai**) também foi caracterizada na região do Vale do Paraíba e, corresponde a atual calha do rio Paraíba do Sul e seus paleovales. Essa planície atinge cota altitudinais entre 500 e 600 metros, onde predomina o clima **Ccw** e o regime de umidade dos solos **áquico**.

Por fim, a planície de acumulação litorânea (**pal**) foi classificada na região denominada de Costeira. As cotas dessa planície são inferiores a 100 metros, onde se tem a predominância do clima de transição entre **Bcr** e **Ccr** e aspecto climático **ústico**.

Fazendo-se uma análise no mapa de unidades fisiográficas da região do alto-médio Paraíba do Sul, verifica-se a possibilidade do estabelecimento de quatro regiões geográficas regionais, aqui denominadas de região da Serra da Mantiqueira (**RSM**), região do Vale do Paraíba (**RVP**), região do Paraitinga-Paraibuna (**RPP**) e região Costeira (**RC**).

A região da Serra da Mantiqueira (**RSM**) é caracterizada como uma região de planalto desde muito alto até baixa, representada por todos os tipos de graus de dissecação, ou seja, desde fortemente dissecado até fracamente dissecado. Nessa região tem-se também a representação de todas as feições texturais e/ou estruturais da isotropia, conforme pode ser verificado na Tabela 1.

A região do Vale do Paraíba (**RVP**) é uma planície interplanáltica, com variação altimétrica entre 500 e 800 metros acima do nível do mar, onde predominam climas

dos tipos Ccw e Ccr-Ccw, correspondendo ao regime de umidade áquico e ústico.

A região do Paraitinga-Paraibuna (RPP) é representada por aproximadamente metade da área do polígono estudado, situando-se em sua metade sudeste, sendo constituída por planalto, com três diferentes níveis morfométricos, desde alto até baixo. Observa-se o predomínio de feições texturais/estruturais orientadas e, forte e moderadamente dissecadas.

A região Costeira (RC) tem o seu limite setentrional nas quebras positivas da região escarpada da serra do Mar, distribuindo-se arealmente no sentido para as águas do mar. Essa região é constituída por um trecho de planalto muito baixo, tanto forte como moderadamente dissecados, e por um trecho de planície de erosão e de acumulação.

**O mapa de unidades e coberturas de alteração intempéricas da região do alto-médio Paraíba do Sul** é resultado da classificação do tipo de colóide intempérico predominante (paragênese de colóides), único ou híbrido, conforme a predominância de colóides, e/ou de processos específicos de alteração intempérica, aliada a análises físico-químicas de perfis de alteração intempéricos.

A classificação das coberturas de alteração intempéricas, está relacionada ao sistema brasileiro de classificação de solos.

Tanto a unidade de alteração intempérica como a paragênese de colóides pode ser constituído por um ou diversos tipos de solos geopedológicos, classificados pelo sistema brasileiro de solos elaborado por Camargo et alii (1987).

Na região do alto-médio Paraíba do Sul foram identificados quatro (04) diferentes coberturas de alteração intempéricas (cai), denominadas de Latossólica (L), Latossólica-Podzólica (LP), Podzólica-Cambissólica (PC) e Cambissólica (C). Já quanto às unidades de alteração intempéricas (uai) foram identificados cinco (05) diferentes unidades denominadas de Alítica (A), Alítica-Monossialítica (A-M), Monossialítica (M), Monossialítica-Bissialítica (M-B) e Bissialítica (B).

A cai Latossólica tem sua ocorrência nas regiões geográficas da Serra da Mantiqueira (RSM) e do Paraitinga-Paraibuna (RPP), e está relacionada com as unidades de alteração intempéricas (uai) Alítica e Alítica-Monossialítica, as quais são constituídas, predominantemente, por Latossolo Vermelho Amarelo em regime perúxico (LVapr) e, localmente, por Podzólico Vermelho Amarelo em regime ústico [PVaud(LVeus/ud)] e em regime perúxico (PVepr), e por Cambissolo latossolizado em regime ústico (Clud2).

A cai Latossólica-Podzólica tem relação com a uai Monossialítica, com ocorrência nas regiões geográficas da Serra da Mantiqueira (RSM) e do Paraitinga-Paraibuna (RPP), e constituídas, predominantemente, por Latossolo Vermelho Escuro em regime ústico (LVeud1) e por Podzólico Vermelho Amarelo em regime ústico (PVaud4).

A cai Podzólica-Cambissólica tem a maior ocorrência areal relativa na área estudada, com distribuição em todas as regiões geográficas. As regiões geográficas do Vale do Paraíba (RVP) e Costeira (RC) estão representadas, em sua totalidade, por essa cai e,

parcialmente nas outras duas regiões geográficas (RPP e RSM). Essa cai é constituída, principalmente, por uai Monossialítica-Bissialítica e Bissialítica. Geopedologicamente, é representada, predominantemente, por Podzólicos Vermelho Escuro em regimes ústico (PVeus1) e ústico (PVeud1), e também, latossolizado (PVelud), assim como por Podzólico Vermelho Amarelo em regime ústico (Pvaud). Tem-se ainda, a presença de Latossolo Vermelho Escuro em regime ústico (LVeus) e de Cambissolos latossolizados, tanto em regime ústico (Clud1) como em regime ústico (Clus).

A cai Cambissólica ocorre nas regiões geográficas Costeira (RC) e da Serra da Mantiqueira (RSM), correspondendo às regiões de escarpas festonadas da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira. É representada por uai Bissialítica-Monossialítica e por unidades geopedológicas Cambissolos em regimes perúxico (Cpr) e ústico (Cud2).

### Considerações finais

Na avaliação comparativa entre unidades fisiográficas e coberturas de alteração intempéricas da região do alto-médio Paraíba do Sul (SP), verificou-se que:

a) o processo de latossolização é dominante nas regiões fisiográficas representadas por planaltos desde muito alto, alto, até o médio;

b) nas regiões fisiográficas de planaltos baixo e muito baixo, o processo de podzolização é dominante, com localizadas áreas de latossolização;

c) nas regiões geográficas do Vale do Paraíba e Costeira não ocorre o processo de latossolização, tendo-se a predominância do processo de podzolização com localizada cambissolização;

d) as únicas representações do processo de cambissolização foram delimitadas nas regiões geográficas Costeira e da Serra da Mantiqueira; essas regiões são representadas, respectivamente, por planalto muito baixo e por planalto alto, ambos fortemente dissecado e com feições texturais/estruturais de escarpas festonadas;

e) as regiões geográficas da Serra da Mantiqueira e do Paraitinga-Paraibuna são dominadas pelos edafoclimas ústico e perúxico, caracterizadas pelos tipos climáticos muito úmido e superúmido, com a permanência mais constante da substância água nos solos, favorecendo dessa forma o processo de alteração intempérica durante a maior parte do ano. Na região da Serra da Mantiqueira tem-se também a influência do edafoclima ústico, principalmente nas áreas de planalto baixo, onde a estiagem de inverno se faz presente, favorecendo a deficiência hídrica nos solos da região, como pode ser atestado pela presença de Cambissolos latossolizados em região com morfoestruturas negativas e positivas, e com litologias de biotita gnaiesses e xistos. Outros solos classificados com esse edafoclima ústico foram: Podzólico Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho Amarelo

f) a região do Vale do Paraíba é essencialmente caracterizado pelos edafoclimas ústico e áquico, favorecendo a formação de Cambissolos, Latossolos Vermelho Escuro e Podzólico Vermelho Escuro, provenientes da decomposição de sedimentos flúvio-

lacustres, e caracterizando **uai** Monossiláticas a Bissiláticas.

g) as unidades de alteração intempéricas (**uai**) Alíticas e Alíticas-Monossiláticas frequentemente estão associadas com a presença de feições texturais e/ou estruturais orientadas;

h) as **uai** Monossiláticas estão associadas com a presença de feições texturais e/ou estruturais não-orientadas;

i) e, as **uai** Monossiláticas-Bissiláticas e Bissiláticas estão indistintamente associadas com a presença ou não de feições texturais orientadas.

Finalizando, deve-se esclarecer que essas avaliações comparativas são parciais, visto que outras variáveis devem ser conjuntamente analisadas, tais como as informações litológicas, geopedológicas e morfoestruturais.

**TABELA 1**  
**DISTRIBUIÇÃO RELATIVA DAS COBERTURAS DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICAS COM AS UNIDADES FISIOGRAFICAS E AS REGIÕES GEOGRÁFICAS**

			RSM			RVP			RPP			RC
		o	LAe									
	Fd	n										
		c										
		n										
ma	md	n										
		c										
		n										
	fd	n	LPMc									
		c										
		n							LAe	PCMBcm		
	Fd	n	LPMc									
		c	CMBcm									
		n	LAe						LAe	LAe	LPMc	
P	a	md	n									
		c										
l		o										
		fd	n									
a		c										
		o	PCMBcm	PCMBcm					LAe	PCMBcm	PCMBcm	
n		fd	n						LPMc			
		c										
a		o	LAe	PCMBcm					LPMc			
m	md	n	LAG						LPMc	PCMBcm		
		c										
l		o										
t		fd	n	LAG								
		c										
o		o							PCMBcm	PCMBcm		
		fd	n						PCMBcm	PCMBcm	PCMBcm	
		c										
(P)		o	PCMBcm						LPMc	PCMBcm		
b	md	n	LPMc	PCMBcm	PCMBcm				LPMc	PCMBcm		
		c										
		o							PCMBcm			
		fd	n						LAG	PCMBcm		
		c										
		o										
		fd	n									CMBcm
		c										
		o										PCMBcm
mb	md	n										
		c										
		o										
		fd	n									
		c										
Pla	e	l										PCMBcm
ni		i				PCMBcm	PCMBcm	PCMBcm				
cie	a	l										PCMBcm
(p)		i				PCMBcm						

Exemplo: PmaFdo = Planalto (P) muito alto (ma), fortemente dissecado (Fd) e com feições texturais/estruturais orientadas (o).

RSM: região da Serra da Mantiqueira, RVP: região do Vale do Paraíba, RPP: região do Paraitinga-Paraibuna, RC: região Costeira.

**TABELA 2**  
**ABREVIATURAS UTILIZADAS NA TABELA ANTERIOR**

<b>P</b> - planalto	<b>ma</b> - muito alto	<b>Fd</b> - fortemente dissecado	<b>o</b> - orientado
			<b>n</b> - não orientado
			<b>c</b> - escarpado
		<b>md</b> - moderadamente dissecado	
		<b>fd</b> - fracamente dissecado	
		<b>a</b> - alto	
<b>p</b> - planície	<b>m</b> - médio		
	<b>b</b> - baixo		
	<b>mb</b> - muito baixo		
	<b>e</b> - erosão	<b>l</b> - litorâneo	
		<b>i</b> - interplanáltico	
	<b>a</b> - acumulação		

<b>cai</b> - cobertura de alteração intempérica L = latossólica P = podzólica C = cambissólica
<b>uai</b> - unidade de alteração intempérica A = alítica M = monossialítica B = bissialítica
<b>paragênese de colóides</b> g = gibbsita c = caulinita m = montmorilonita

**Referências bibliográficas**

ABREU, A.A. de Análise geomorfológica: reflexão e aplicação - uma contribuição ao conhecimento das formas de relevo do planalto de Diamantina, MG. São Paulo, USP, Departamento de Geografia. (Tese de Livre-Docência em Geografia Física). 1982.

ALLUM, J.A.E. Photogeology and regional mapping. New York, Pergamon, 107 p. 1966.

ALMEIDA, F.F.M. de Os fundamentos geológicos do relevo paulista. Instituto Geográfico e Geológico do estado de São Paulo, bol. 41, p. 167-262. 1964.

BASHENINA, N.V.; ARISTARKHOVA, L.B.; LUKASHOV, A.A. Methods of morphostructural analysis in geomorphological mapping. In: DEMEK, J. (ed.) Manual of detailed geomorphological mapping. Prague, Academia, p. 83-101. 1972.

CAMARGO, M.N.; KLANT, E.; KAUFFMAN, J.H. Sistema brasileiro de classificação de solos. Soc. Bras. Ciê. Solo, Campinas, 12(1): 11-33. (Separata do Bol. Inf.). 1987.

JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T. de; TEIXEIRA, J.A.; MALAGUTTI FILHO, W.; SEPE, P.M.; ELIS, V.R.; RIGO JUNIOR, L. Condições geopedológicas da região de Piracicaba em áreas ocupadas pela usina Costa Pinto S/A Açúcar e Alcool. Piracicaba, Us. Costa Pinto. 1988.

JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T. de; MALAGUTTI FILHO, W. Estudos integrados para controlar os impactos ambientais de um sistema de irrigofertilização com vinhoto na região centro-leste do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, IV., San Carlos de Bariloche, Argentina, 1989. Anais. São José dos Campos, INPE/SELPER, tomo I, p. 459-465. 1989a.

JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; PESSOTTI, J.E.S.; MATTOS, J.T. de Uso de sensoriamento remoto no zoneamento agroecológico da região da serra do Mar no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, IV., San Carlos de Bariloche, Argentina, 1989. Anais. São José dos Campos, INPE/SELPER, tomo I, p. 135-140. 1989b.

LATTMAN, L.H. Technique of mapping geologic fracture traces and lineaments on aerial photographs. Photogrammetric Engineering, 24(4): 568-576. 1958.

- OHARA, T. Zoneamento geoambiental da região do alto-médio Paraíba do Sul (SP) com sensoriamento remoto. Rio Claro, UNESP, IGCE, 235 p. (Tese de Doutorado). 1995.
- OHARA, T. Abordagem metodológica no estudo do zoneamento geoambiental da região do alto-médio Paraíba do Sul, com produtos de sensoriamento remoto orbital. In: XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Salvador, 1996. Anais. Vol. 7 - Simpósios e Conferências (Sistema de Informações Georreferenciadas e Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto), p. 90-93. 1996.
- OHARA, T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T. de Análise correlativa de dados geoquímicos com as anomalias morfoestruturais para a caracterização pedogenética da região do alto-médio Paraíba do Sul. In: XIII CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO (Solo/Suelo 96). Águas de Lindóia, SP, 1996. Anais. CD-ROM (trabalho 05.045). 1996.
- OHARA, T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T. de Resultados da análise integrada do meio físico com imagens TM/Landsat na região do alto-médio Paraíba do Sul. In: XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Salvador, 1996. Anais. Vol. 4 - Simpósios (O Valor Social do Estudo do Meio Físico), p. 88-91. 1996.
- OHARA, T.; MATTOS, J.T. de; JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. Estudo de zoneamento geoambiental com imagens TM/Landsat na região do alto-médio Paraíba do Sul. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Salvador, BA, 1996. Anais. CD-ROM (trabalho 200). 1996.
- RIVEREAU, J.C. Curso de fotointerpretação: notas de aulas. Brasília, UnB, Departamento de Geociências, 128 p. Série Didática, 4. (Tradução e revisão de R.A. Fuck e J.A.P. Almeida). 1970.
- SOARES, P.C.; FIORI, A.P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. Campinas, Notícia Geomorfológica, 16(32): 71-104. 1976.
- VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. dos Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia. São José dos Campos, INPE, 61 p. (INPE-2227-MD/014). 1982.
- VERGARA, M.L.L. Manual de fotogeologia. Madrid, Servicio de Publicaciones de la Junta de Energia Nuclear, 284 p. 1971.