

Determinação de coberturas de alteração intempérica com imagens TM/Landsat e dados pedogeoquímicos, na região do Vale do Paraíba, SP, Brasil.

TOMOYUKI OHARA¹
JAIRO ROBERTO JIMÉNEZ RUEDA²
JUÉRCIO TAVARES DE MATTOS³

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa postal 515 - 12.201-970 - São José dos Campos - SP - Brasil
ohara@ltd.inpe.br

²Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP de Rio Claro - IGCE/UNESP
Caixa Postal 178, CEP 13.506-900, Rio Claro, SP, Brasil.

³Escola de Engenharia da UNESP de Guaratinguetá - FEG/UNESP
Caixa Postal 205, CEP 12.500-000, Guaratinguetá, SP, Brasil

Abstract This study was performed at the Upper and Middle Rio Paraíba do Sul valley, localized at the eastern border of São Paulo State. Its objective was to develop a systematic evaluation of the physical environment (Geology, Geomorphology and Soils), using spatial attributes of TM Landsat images. The technique used consisted of an analysis of the textural characteristics of relief and drainage elements, with the definition of homogeneous photogeologic zones. The conviction on these definition was realized through the homogeneity analysis (to check the existence of internal heterogeneity) and similarity analysis (to check the existence of units with analogous characteristics). After the observation of TM Landsat images, a correlation was made with main lithologies and soil types. Furthermore, with the informations of data from soils laboratory analysis (physical and chemical) of material collected along weathering profiles, was produced the determination and map-making of units and covers of weathering alteration. At last was realized the integrated avaliation of these units and covers of weathering alteration with others informations of physical environment, as well as edaphoclimatic information, and informations on physiographic and morphostructural anomalies, with the determination of different geoenvironmental zones, with purpose to supply the technical allowances to definition and priorities for engineering works, technical evaluations of water resources, evaluations of land use, regional planning, environmental

Keywords: Remote Sensing, Integrated Analysis, Technical Evaluations.

1. Introdução

As unidades e coberturas de alteração intempéricas podem ser entendidas como sendo a resultante de processos específicos da interação dos fatores (tais como clima, organismos, rochas, relevo, tempo, tectônica) e processos (tais como ganhos, perdas, transformações, translocações) de alteração intempérica na formação de solos, cujas características fundamentais (relacionados à cor, estrutura, consistência, densidade) associados às propriedades (espessura, limites, capacidade de retenção d'água, profundidade radicular) definem os volumes de intemperismo (epipedons e horizontes diagnósticos).

O estudo e conhecimento das unidades e coberturas de alteração intempéricas é de uma grande importância relativa, visto que extensa região do território brasileiro se encontra sob a influência do clima tropical e subtropical, com índices pluviométricos consideráveis, favorecendo dessa forma a decomposição das rochas e uma pedogênese acelerada.

Essa contínua decomposição ou alteração das rochas e a subsequente pedogênese, propiciam a presença de apreciáveis unidades e coberturas de alteração intempéricas, recobrando as rochas subjacentes por extensas regiões, dificultando por exemplo, para aquele especialista que não se preocupa com essas coberturas, o estudo e o real conhecimento do tipo de rochas dessa área, quiçá até de possíveis depósitos minerais.

A constância da presença de unidades e coberturas de alteração intempéricas, proporciona a necessidade do conhecimento das características física, química e pedogenéticas dos horizontes constituintes e suas interrelações com o meio físico.

Visto que a sistemática de estudo das coberturas de alteração intempéricas, ainda é considerada recente faz-se necessário continuar as pesquisas, procurando-se novas alternativas e mesmo aprofundar nas técnicas já existentes.

Uma das alternativas passível e justificável é o uso efetivo da tecnologia de sensoriamento remoto orbital, pela facilidade de aquisição, disponibilidade e atualização de seus dados, assim como pela excelente visão sinótica dos elementos espaciais do meio físico. É interessante também aliar o uso da cartografia computadorizada, com sistemas de informações georreferenciadas, existentes em sistemas SITIM/SGI e/ou SPRING.

O planejamento desta pesquisa teve como ponto primordial, o relacionamento existente entre as diversas zonas fotogeológicas homogêneas, definidas através da análise de critérios fotointerpretativos em produtos de sensoriamento remoto orbital, com as informações de fisiografias, litologias e solos predominantes, as quais associadas com informações de determinações laboratoriais de análises físicas e químicas em amostras coletadas ao longo de perfis de alteração intempéricas, realizou-se a determinação e cartografia das diversas unidades de alteração intempéricas (Ohara, 1995).

Por meio de uma avaliação integrada dessas unidades de alteração intempéricas com outras informações do meio físico, tais como edafoclimáticas e morfoestruturais, pode-se discriminar diferentes zonas geoambientais, com a finalidade de fornecer subsídios para a definição e prioridades em obras de engenharia, estudos de recursos hídricos, uso agrícola direcionado, planejamento territorial, proteção ambiental e outros.

As primeiras referências de estudo das formações superficiais datam de 1912 e foram feitas por Woodworth (Ab'Saber, 1969a); no entanto os trabalhos de caráter sistemático realizados recentemente, tem procurado esclarecer os aspectos de gênese e evolução, através da influência decisiva de oscilações climáticas pretéritas.

Dessa forma a linha francesa de pesquisa tem sido bastante difundida em nossa comunidade científica, visto que inúmeros trabalhos foram realizados, principalmente em território africano, onde as características morfoclimáticas em muito se assemelham com as nossas (Ab'Saber, 1962; 1969a, b, c; Penteado, 1969; Queiroz Neto, 1964; 1969; 1970; 1974; 1975; Melfi, 1967; Melfi e Pedro, 1977; 1978, entre outros).

Recentemente tem-se desenvolvido uma linha de pesquisa voltada ao conhecimento das unidades e coberturas de alteração intempéricas, tanto da sua classificação como o seu relacionamento com as características do meio físico; tem-se procurado também fazer-se estudos integrados com outras técnicas e análises do meio físico, como por exemplo o uso conjugado com técnicas de sensoriamento remoto orbital, análise morfoestrutural e índices pedogeoquímicos de alteração intempérica (Jiménez, 1980; Jiménez et alii, 1988; 1989a, b; 1990; 1993; Mattos e Jiménez, 1989; 1990; Riedel, 1989a, b; Riedel et alii, 1989; Gonçalves, 1993; Volkmer, 1993).

2. A Área de Estudos

A área de estudos selecionada tem o formato de um paralelogramo, devido ao imageamento da superfície da Terra e rota do satélite Landsat, associado ao tempo de coleta de dados imageados. Os limites dessa área correspondem aproximadamente, com as coordenadas de 22°35' a 23°35' de latitude sul e de 44°50' a 45°55' de longitude oeste de Greenwich, perfazendo uma superfície aproximada de 9.000 quilômetros quadrados. Abrange partes da serra da Mantiqueira e da serra do Mar, incluindo a região litorânea e a bacia sedimentar de Taubaté, constituindo-se na região do alto-médio Paraíba do Sul.

Para o presente estudo adotou-se a classificação do clima que leva em consideração a efetividade da precipitação, a qual é o índice de umidade do clima obtido por cálculo que leva em conta as chuvas e as temperaturas na mesma fórmula.

Dessa forma, com o mesmo total de chuvas, o clima é mais úmido onde as temperaturas são mais baixas, pois a evapotranspiração é menor, sobrando mais água para a decomposição das rochas, erosão e lixiviação do solo, alimentação das águas subterrâneas e suprimento de água na vegetação.

Na região do alto-médio Paraíba do Sul tem-se a caracterização dos seguintes tipos climáticos segundo a efetividade da precipitação e determinados por Jiménez et alii (1989b):

Ccw - abrange o vale do rio Paraíba do Sul, ocupando cotas altimétricas que variam entre 500 e 800 metros, caracterizado por clima úmido sem estiagem segundo a efetividade da precipitação e subtropical em relação ao aspecto térmico;

Ccr - corresponde as cotas altimétricas que variam entre 800 e 1.000 metros e, é definido pelo clima úmido com estiagem no inverno e pelo aspecto térmico subtropical;

Bcr - este tipo climático é considerado como muito úmido, subtropical a temperado, ocupando cotas entre 1.000 e 1.200 metros de altitude, e considerada como zona transicional entre a pré-montana e a montana, ocorrendo ao longo das vertentes das serras do Mar e da Mantiqueira;

Adr - abrange o tipo climático superúmido e o aspecto térmico temperado, ocorrendo na região de montanha com altitudes superiores a 1.300 metros.

Os aspectos climáticos do solo foram avaliados por Jiménez et alii (1989b), em função da temperatura e do armazenamento de água ou, período de seca na seção-controle do solo, de acordo com o Soil Taxonomy (1975) e, em função de dados de precipitação/evaporação, foram estabelecidos quatro regimes de umidade, cuja distribuição se ajusta com a macro subdivisão climáticas da região:

a) regime áquico - distribuído nas imediações do vale recente do rio Paraíba do Sul;

b) regime ústico - ocupa o paleovale do rio Paraíba do Sul e as partes baixas das vertentes das serras da Mantiqueira e do Mar;

- c) regime údico - encontra-se distribuído na região correspondente à zona pré-montana;
- d) regime perúutico - associado à zona montana.

3 - Métodos de estudo

O presente estudo foi realizado na região do alto-médio Paraíba do Sul, cujo objetivo fundamental foi determinar e caracterizar as principais unidades e coberturas de alteração intempéricas com imagens TM/Landsat e dados pedogeoquímicos.

A técnica desenvolvida consistiu em uma análise do arranjo textural de elementos de relevo e drenagem, com a identificação das diferentes densidades texturais.

A ordenação ou não desses elementos texturais permitiu definir um padrão de estruturas, as quais puderam ser qualificadas em função da intensidade e/ou regularidade de organização (grau de estruturação), assim como da grandeza e/ou complexidade de organização dos elementos (ordem de estruturação).

A repetição de elementos texturais fortemente estruturados, e com o mesmo grau e ordem de estruturação permitiu definir as zonas fotogeológicas homogêneas.

A delimitação ou compartimentação dessas zonas fotogeológicas homogêneas sempre foi feita, baseada na disposição espacial de seus elementos e nas propriedades em comum de ruptilidade, colapsividade, alterabilidade, permeabilidade, anisotropia e relação de simetria.

Na área de estudo, as zonas fotogeológicas homogêneas foram agrupadas segundo relação de equivalência e identificadas sob a mesma denominação fisiográfica.

Através de propriedades observadas nas imagens foi possível fazer a correlação com as unidades de fisiografias, litologias e solos geopedológicos predominantes, que somados com informações de determinações laboratoriais de análises físicas e químicas de materiais coletados ao longo de perfis de alteração intempéricas, realizou-se a determinação e cartografia das diversas unidades e coberturas de alteração intempéricas.

Visto que o uso da tecnologia de sensoriamento remoto no estudo das unidades e coberturas de alteração intempéricas é um procedimento recente, faz-se necessário o desenvolvimento e/ou adequação de critérios analíticos, principalmente nas etapas de critérios fotointerpretativos, determinações laboratoriais de análises físicas e químicas e na classificação das coberturas de alteração intempéricas.

3.1 - Critérios fotointerpretativos.

A qualidade e a quantidade de informações obtidas na análise de produtos de sensoriamento remoto orbital, por especialistas de informações geoambientais do meio físico, dependem de vários fatores intrínsecos (resolução espacial, banda espectral, aspectos sazonais, caráter sinóptico, ângulo de elevação e azimuth solar) aos produtos analisados, como outros fatores referentes a aspectos fisiográficos, vegetacionais, geológicos, deformacionais, de uso da terra.

Quanto aos fatores relacionados à técnica de análise dos produtos fotográficos de sensoriamento remoto orbital, como por exemplo a interpretação fotogeológica, estes são resultantes de constantes pesquisas por especialistas, na busca do desenvolvimento de conceitos e critérios de sistematização das evidências geológicas, tanto diretas como indiretas.

No caso particular da análise de imagens multiespectrais do satélite Landsat, a ausência da visão estereoscópica é substituída pelo par conjugado luz/sombra e pela análise do arranjo textural de elementos naturais de relevo e drenagem, com a identificação das diferentes densidades texturais. A ordenação ou não desses elementos texturais permitiu definir um padrão de estruturas, as quais puderam ser qualificadas em função da intensidade e/ou regularidade de organização (grau de estruturação), assim como da grandeza e/ou complexidade de organização dos elementos texturais (ordem de estruturação).

A técnica de análise dos produtos fotográficos de sensoriamento remoto, tanto pancromáticos como multiespectrais, cujas abordagens estão relacionadas aos princípios, conceitos, critérios e técnicas para a análise de feições morfoestruturais e de interpretação fotogeológica, são baseados principalmente na análise de elementos e formas de drenagem e de relevo.

3.2 - Classificação das unidades e coberturas de alteração intempéricas

A classificação das unidades e coberturas de alteração intempéricas está intimamente relacionada ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Camargo et alii, 1987), mesmo porque ainda não existe uma classificação específica para as coberturas de alteração intempéricas.

Dessa forma a classificação das unidades e coberturas de alteração intempéricas utilizam-se, à semelhança da classificação de solos, das propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas de horizontes diagnósticos superficiais (horizonte A) e de horizontes diagnósticos subsuperficiais (horizonte B).

Para a definição do enquadramento nos diversos horizontes diagnósticos, utilizam-se de valores quantificados e obtidos em determinações analíticas, tanto física como químicas.

No caso de horizontes diagnósticos superficiais, utilizam-se da espessura ($<$ ou >18 cm), carbono orgânico ($<$ ou $>0,6\%$), saturação em bases ($>$ ou $<50\%$), P_2O_5 (>250 ppm), cores claras ou escuras.

Essas características são associados aos horizontes denominados A chernozêmico, A proeminente, A antrópico, A moderado, A fraco e A húmico. As características e detalhes desses horizontes diagnósticos superficiais são encontrados em Camargo et alii (1987).

Os critérios específicos para determinar os horizontes diagnósticos subsuperficiais, são decisivos para a classificação de solos/coberturas de alteração intempéricas, pela condição de relativa estabilidade inata ao horizonte B, os quais consideram a presença de "cutans" de argila, $>8\%$ de argila, $>4\%$ de minerais facilmente intemperizáveis, espessura > 50 cm, CTC ($<$ ou >13 meq/100gr), relação silte/argila ($<$ ou $>0,7$, relação molecular SiO_2/Al_2O_3 ($<$ ou $>2,2$).

A associação dessas características podem definir horizontes específicos tais como: B textural, B nátrico, B espódico, B incipiente, B latossólico. Outros horizontes específicos são denominados plântico, cálcico, petrocálcico, sulfúrico, fragipã, duripã, turfoso, E albico, glei e sálico. Outros detalhes podem ser encontrados em Camargo et alii (1987).

Outras propriedades diagnósticas específicas consideram:

- cor do solo correlativa a componentes minerais, principalmente do horizonte B;
- conteúdo de óxido de ferro, relação sílica-alumina e sílica-sesquióxidos referentes ao horizonte B;
- atividade de argila alta ou baixa (CTC $>$ ou <24 meq/100gr);

- alta saturação com alumínio (álco >50%);
- saturação por bases com caráter eutrófico ou distrófico (> ou <50%);
- saturação por sódio;
- presença de sais solúveis;
- presença de carbonato de cálcio.

Na classificação das unidades e coberturas de alteração intempéricas deve-se ainda, levar em consideração a análise dos índices de alteração relativados com os correspondentes índices pedogeoquímicos de rochas subjacentes. A descrição litológica da rocha subjacente é importante, assim como a situação do perfil em relação ao relevo local.

Finalmente, uma outra associação bastante interessante pesquisada foi a análise conjunta com as informações de anomalias morfoestruturais da região de estudo, como tem demonstrado recentemente Jiménez et alii (1989a, 1990, 1993).

4. Resultados

A caracterização e classificação das unidades e coberturas de alteração intempéricas da região do alto-médio Paraíba do Sul, encontram-se resumidas nas Tabelas 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4.

Para a elaboração da Tabela 4.1 foi necessário o uso de informações obtidas nos seguintes mapas gerados através da correlação de propriedades observadas nas imagens TM/Landsat com as unidades de fisiografias, litologias e solos geopedológicos predominantes.

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

O mapa de unidades litológicas predominantes da região do alto-médio Paraíba do Sul foi obtido através da correlação das informações de propriedades de imagens TM/Landsat, associada com as zonas homogêneas e com as informações coletadas em campo.

A delimitação ou compartimentação das zonas homogêneas sempre foi baseada na disposição espacial de seus elementos e nas propriedades fotogeológicas em comum, tais como de ruptibilidade, colapsividade, alterabilidade, permeabilidade, anisotropia, relação de simetria.

Deve-se destacar que essas zonas homogêneas foram agrupadas segundo relação de equivalência e identificadas sob a mesma denominação fisiográfica.

O mapa de unidades de solos geopedológicos predominantes na região do alto-médio Paraíba do Sul foi obtido com a análise conjunta das zonas fotogeológicas homogêneas, com as características fotointerpretadas em imagens TM/Landsat e com as informações coletadas em campo e associadas com as determinações de análises laboratoriais.

TABELA 4.1 - RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES E COBERTURAS COM AS LITOLOGIAS, SOLOS GEOPEDOLÓGICOS E FISIOGRAFIAS

região	cai	uai	paragênese	lito	geopedo	físio	observações
RSM	Latos	Ali	Gibb	xgn	LVapr	PmaFdo	(Falha Jundiuvira)
				mch	PVaud+Cud	Pmmdn	PmFdo - região do Parque Estadual de Campos do Jordão
	Podz-Latos	Ali-Mono	Gibb-Caul	ben	PVepr	Pamdo	PaFdo entre as serras da Coimbra e da Água Santa - Falha do Paiol Grande
	Latos-Podz	Mono-Ali	Caul-Gibb	gre	LVeud2	Pmfnd	
				bx	LVaus	PBmdn	(com textura fina)
	Latos-Podz-Camb	Mono	Caul	xgn	LVaud2	PaFdn	
				gmb	Cud2	PaFdc	
				cm	CHpr	Pmafdn	
				bx	Clus	Pbmdn	(com textura fina)
				meg	PVelud	PmFdo	1) S da serra do Palmital: formas escarpadas baixas - Falha do Ribeirão da Serra
	Podz-Camb-Latos	Mono-Bi	Caul-Mont				2) idem para áreas estreitas e alongadas NE de Pinda (F. de Piedade e do Buquira
				xgn	Clud3	Pbmdo	(Falha do Buquira)
				met	PVaud	Pmmdo	
	Podz-Camb	Bi	Mont	ben	PVeud2	Pbmdn	(com textura fina)
RVP					PVeus1		
	Podz-Camb-Latos	Mono-Bi	Caul-Mont	sfl	LVeus	pei	
					Cus		
				agar	HGHag	pai	
RPP	Latos	Ali	Gibb	γmp	Clud2	Pamdo	PbFdn a SW de Paraibuna
	Podz-Latos	Ali-Mono	Gibb-Caul	bex	Pvaud(LVeus/ud)	PmFdo	Pbmdo c/ formas arrasadas e < amplitude a SW de Redenção - F. Taxaquara/Cubatão
	Latos-Podz	Mono-Ali	Caul-Gibb	re	PVapr	Pamdo	(Falha de Natividade da Serra)
				γdm		PaFdo	(Falha de Natividade da Serra)
				bex	PVaud4	Pamdo	(Falha do Quebra Cangalha)
	Latos-Podz-Camb	Mono	Caul	bgb	LVeud1	PmFdn	PmFdo próximo rio Paraitinga e extrem. SW - F. Alto da Fartura - "Mar de Morros"
				γmp	LVaud1	Pbmdo	represa
				grf		Pmmdn	Pmmdo na pequena área próx. Jambeiro
				mab	Pvaud2	PbFdn	
				gnq	Clud1	PmFdo	PmFdn desde NW de Ubatuba até a serra do Indaiá - Falha do Indaiá
				γdm	PVaud3	PbFdo	SW de Paraibuna - Falha de Natividade da Serra
				bgb	PVeud1	PbFdn	"Mar de Morros"
	Podz-Camb-Latos	Mono-Bi	Caul-Mont		LVaud3	PbFdn	Aparecida
				mex	Cud1	PaFdo	(Falha de Santa Rita)
					PVaud(LVeus)	Pbmdn	
				γnp		Pmmdn	PaFdo na região da serra Fria ou dos Forrós
				bgm	PVeud	PbFdo	(Falha Alto da Fartura)
				bgf			(Falha Alto da Fartura)
				γdm	PValud	PbFdn	Santa Branca
	Podz-Camb	Bi	Mont	γmp	PVa/eud	Pbmdo	Paraibuna
				bgm	PVeud(PVaus)	PbFdo	(Falha Serra do Jambeiro)
RC				qm	HPus	pal	
	Podz-Camb-Latos	Mono-Bi	Caul-Mont	ch	PVaud	pel (isolado)	
						Pmbmdn	
	Camb	Bi-Mono	Mont-Caul	γrf	Cpr	PmbFdc	

Abreviaturas utilizadas: **RSM** região da Serra da Mantiqueira, **RVP** região do Vale do Paraíba, **RPP** região do Paraitinga-Paraibuna, **RC** região Costeira; **cai** cobertura de alteração intempérica; **uai** unidade de alteração intempérica; **lito** unidades litológicas; **geopedo** solos geopedológicos e **físio** unidades fisiográficas.

TABELA 4.2 - ABREVIATURAS UTILIZADAS NO MAPA DE FISIOGRAFIAS

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

TABELA 4.3 - RELAÇÃO ENTRE CAI-UAI-PARAGÊNESE-GEOPEDO E ABREVIATURAS UTILIZADAS

cai	uai	paragênese	geopedo	Abreviaturas utilizadas:	
Latos	Ali	Gibb	LVapr - PVaud+Cud Clud2	cai - cobertura de alteração intempérica	geopedo - solos
Podz-Latos	Ali-Mono	Gibb-Caul	PVapr PVaud(LVeus/ud)	Latos - latossólica Podz - podzólica Camb - cambissólica	LVapr - LVa + pr LVa - Latossolo Vermelho Amarelo pr - regime perúico ud - regime údico
Latos-Podz	Mono-Ali	Caul-Gibb	LVeud2 PVapr	uai - unidade de alteração intempérica	us - regime ústico aa - regime ácuico
Latos-Podz-Camb	Mono	Caul	CHpr - Cud2 - LVaud2 LVaus LVaud1 - LVeud1 - PVaud4 LVaud1	Mono - monossialítica Bi - bissialítica	PVa - Podzólico Vermelho Amarelo C - Cambissolo
Podz-Camb-Latos	Mono-Bi	Caul-Mont	Clud3 - Cud1 - PVaud - PVaud(LVeus) - PVelud - PVeud1 - Clus - Cus - LVaud3 - LVeus - PVeus - HGHaq Clud1 - PVaud2 PVaud1 - HPus PVaud3 Cpr	Gibb - gibbsita Caul - caulinita Mont - montmorilonita	PVe - Podzólico Vermelho Escuro LVe - Latossolo Vermelho Escuro LVa - Latossolo Vermelho Amarelo CH - Cambissolo Húmico Cl - Cambissolo latossolizado HGH - Hidromórfico Glei Húmico HP - Podzol Hidromórfico
Camb	Bi-Mono	Mont-Caul	PVeus2 - PVeud2		
Podz-Camb	Bi	Mont	PValud PVeud(PVaus) PVa/eud		

TABELA 4.4 - ABREVIATURAS UTILIZADAS NO MAPA LITOLÓGICO

agar	sedimentos fluviais
bx	biotita gnaisses e xistos
bgb	biotita gnaisses bandados
bgr	biotita gnaisses finos
bgm	biotita gnaisses migmatizados
bgn	biotita gnaisses granodioríticos
bgx	biotita gnaisses granitóides e xistos
ch	gnaisse com charnoquitos
cm	metaconglomerados
gmb	gnaisse e migmatitos blastomiloníticos
gnq	gnaisse e quartzitos
gre	granitos equigranulares
grf	granitóides foliados
mch	migmatitos policíclicos homogêneos com charnoquitos
meg	migmatitos estromatíticos e gnaisses
met	migmatitos estromatíticos com neossoma tonalítico
mex	migmatitos estromatíticos com paleossoma xistoso
mgb	migmatitos estromatíticos ou gnaisses bandados
qm	sedimentos marinhos
re	ectinitos siltico-argilosos
sfl	sedimentos flúvio-lacustres
xgn	xistos e gnaisses
γdm	granitóides a duas micas
γgr	granitos gnáissicos finos
γgp	granitóides porfiróides
γmp	granitóides migmatíticos

As descrições de solos aqui apresentadas foram analisadas em função da efetividade da precipitação, a qual é o índice de umidade do clima obtido por cálculo que leva em conta as chuvas e as temperaturas na mesma equação.

Dessa forma, com o mesmo total de chuvas, o clima é mais úmido onde as temperaturas são mais baixas, pois a evapotranspiração é menor, sobrando mais água para a decomposição das rochas, erosão e lixiviação do solo, alimentação das águas subterrâneas e suprimento de água na vegetação.

Portanto, as descrições de solos da região do alto-médio Paraíba do Sul foram agrupadas em quatro diferentes regimes de umidade de solos. A classificação da paragenese predominante foi realizada de acordo com as relações moleculares de Ki, associadas com o tipo de minerais aluminossilicáticos (tipo de argila).

5 – Considerações Finais

Ao final deste estudo verificou-se que:

a) é essencial a definição e delimitação de zonas fotogeológicas homogêneas, obtidas por meio da análise do arranjo textural de elementos de relevo e drenagem, qualificadas em função do seu grau e ordem de estruturação;

b) é necessário fazer-se a compartimentação das zonas fotogeológicas homogêneas, sempre considerando-se a disposição espacial de seus elementos e as propriedades fotogeológicas em comum, ou sejam, a ruptilidade alterabilidade, permeabilidade, relação de simetria, anisotropia, colapsividade;

c) é importante fazer-se o agrupamento das zonas fotogeológicas homogêneas segundo a relação de equivalência;

d) foi possível fazer-se a correlação, através de propriedades observadas em imagens TM/Landsat, com as unidades de fisiografias, litologias e solos geopedológicos predominantes;

e) foi essencial a otimização de pontos de observação e/ou de coleta de amostras de perfis previamente selecionados, direcionando-os em função das necessidades de distribuição mais racional pelas zonas fotogeológicas homogêneas;

f) foi possível fazer-se a determinação de unidades e coberturas de alteração intempéricas, através da análise conjunta das informações de litologias, fisiografias e de solos geopedológicos, somados com as informações de determinações laboratoriais de análises físicas e químicas de perfis de alteração intempéricas;

g) é bastante interessante e consistente fazer-se a análise conjunta com as informações de anomalias morfoestruturais, visto que existe uma correlação evidente entre essas anomalias com as unidades de alteração intempéricas associadas a solos geopedológicos;

h) é inédita a determinação e compartimentação de unidades e coberturas de alteração intempéricas com o uso de tecnologias de sensoriamento remoto orbital.

6 - Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A.N. Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte sub-superficial de cascalhos inhumados do Brasil Oriental. Univ. Paraná, Geogr. Física, bol.2, 322 p. 1962.
- AB'SABER, A.N. Uma revisão do Quaternário paulista: do presente para o passado. Rev. Bras. Geogr., 31(4): 1-51. 1969a.
- AB'SABER, A.N. Ocorrências de "linhas de pedra" na região de São Paulo. Geomorfologia, 10, p.9-10. 1969b
- AB'SABER, A.N. Contribuição ao estudo das "linhas de pedra" do sul do Brasil. Geomorfologia, 10, p.11-12. 1969c.
- 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.
- GONÇALVES, J.M.M. Caracterização das coberturas de alteração e suas aplicações na região entre os municípios de Analândia, Itirapina e São Carlos (SP). Rio Claro, UNESP, IGCE, 176 p. (Dissertação de Mestrado). 1993.
- JIMÉNEZ, R.J.R. Índice de intemperismo e suas relações com feições morfoestruturais e texturais das imagens de satélite. Rio Claro, UNESP, IGCE, Dep. Min. Rec. Minerais. (Monografia datilografada) 1980.
- JIMÉNEZ, R.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 Álcool. Piracicaba, Us. Costa Pinto. 1988.

- JIMÉNEZ, R.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/SELP, tomo I, p.459-465. 1989a.
- JIMÉNEZ, R.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/SELP, tomo I, p.135-140. 1989b.
- JIMÉNEZ, R.J.R.; MATTOS, J.T. de; RIEDEL, P.S. Estudos correlativos entre respostas espectrais e índices de intemperismo de coberturas de alteração intempéricas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, VI, Manaus, 1990.
- JIMÉNEZ, R.J.R.; NUNES, E.; MATTOS, J.T. de Caracterização fisiográfica e morfoestrutural da folha São José de Mipibu - RN. Geociências, São Paulo, 12(2): 481-491. 1993.
- MATTOS, J.T. de; JIMÉNEZ, R.J.R. Discriminação de matizes de cores em coberturas de alteração intempéricas utilizando o método da Distância Generalizada D2 Mahalanobis. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, IV., San Carlos de Bariloche, Argentina, 1989.
- MATTOS, J.T. de; JIMÉNEZ, R.J.R. Estudos das correlações entre respostas espectrais e os índices de alteração intempéricas dos maciços rochosos (cristalino) numa região do litoral paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, VI., Manaus, 1990. (Trabalho apresentado).
- MELFI, A.J. Intemperismo de granitos e diabásios no município de Campinas e arredores, estado de São Paulo. São Paulo, USP, F.F.C.L., 166 p. 1967.
- MELFI, A.J.; PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil - parte I - caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeoquímica. Rev. Bras. Geoc., 7(4): 271-286. 1977.
- MELFI, A.J.; PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil - parte II - considerações sobre os mecanismos geoquímicos envolvidos na alteração superficial e sua repartição no Brasil. Rev. Bras. Geoc., 8(1): 11-22. 1978.
- 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.
- PENTEADO, M.M. Novas informações a respeito dos pavimentos detríticos ("stone lines"). Not. Geomorf., 9(17): 15-41. 1969.
- QUEIROZ NETO, J.P. O estado atual dos estudos dos solos brasileiros. Bol. Paul. Geogr., 41, p.3-22. 1964.
- QUEIROZ NETO, J.P. La cartographie géomorphologique et pédologique dans l'état de São Paulo. Bull. Assoc. Geogr. Français. Commun. présentée au Congrès de l'Inqua, Paris, p.485-497. 1969.

- QUEIROZ NETO, J.P. Les rapports entre les sols et les formations superficielles de l'état de São Paulo, Brésil - état actuel des connaissances. Bull. Assoc. Sénag. Et. Quatern. Quest. Afr., 26, p.57-75. 1970.
- QUEIROZ NETO, J.P. Solos e paleossolos do estado de São Paulo e suas interpretações paleogeográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 18., Porto Alegre, 1974. Porto Alegre, SBG, v.3, p.174-181. 1974.
- QUEIROZ NETO, J.P. Pedogênese no Planalto Atlântico; contribuição à interpretação paleogeográfica dos solos da Mantiqueira Norte Ocidental. São Paulo, USP, Inst. Geogr., 270 p. (Tese de Livre Docência). 1975.
- RIEDEL, P.S. Estudo das coberturas de alteração de parte do centro-leste paulista através de dados de sensoriamento remoto. São José dos Campos, INPE, 109 p. (Dissertação de Mestrado). (INPE-4849-TDL/364). 1989a.
- RIEDEL, P.S. Avaliação da relação textura de imagem - limites de liquidez e plasticidade como subsídio à estudos de geologia de engenharia. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, IV., San Carlos de Bariloche, Argentina, 1989. Anais. São José dos Campos, INPE/SELPER, tomo I, p.650-656. 1989b.
- RIEDEL, P.S.; JIMÉNEZ, R.J.R.; MATTOS, J.T. de Estudo das coberturas de alteração de parte do centro-leste paulista através de dados de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, IV., San Carlos de Bariloche, Argentina, 1989. Anais. São José dos Campos, INPE/SELPER, tomo I, p.640-649. 1989.
- SOIL TAXONOMY A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, U.S. Department of Agriculture. (Handbook, 436). 754 p. 1975
- VOLKMER, S. Caracterização mineralógica das coberturas de alteração intempérica da quadrícula de São Carlos (QSC), SP - escala 1:100.000. Rio Claro, UNESP, IGCE, 157 p. (Dissertação de Mestrado). 1993.