

## **UNIDADES MORFOPEDELÓGICAS DA REGIÃO DO PAU D'ALHO – PIRACICABA/SP**

**FERREIRA, R. P. D.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Av. Prof. Lineu Prestes, 338 – Cidade Universitária - São Paulo/SP – Brasil. E-mail: [rpfdias@usp.br](mailto:rpfdias@usp.br)

**PINHEIRO, M. R.<sup>2</sup>**

<sup>2</sup> Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Av. Prof. Lineu Prestes, 338 – Cidade Universitária - São Paulo/SP – Brasil. E-mail: [geografo\\_marcos@itelefonica.com.br](mailto:geografo_marcos@itelefonica.com.br)

### **RESUMO**

O solo, o relevo, a rede de drenagem e o embasamento geológico estão intrinsecamente relacionados, portanto uma mudança em uma das variáveis pode refletir nas demais e modificar a paisagem. Partindo dessa pressuposto, pode-se dizer que em compartimentos morfológicos distintos, provavelmente serão encontrados solos diferentes. Sendo assim, unidades morfológicas também podem ser chamadas de morfopedológicas, já que a distribuição dos solos tende a ser variável entre elas. A delimitação das unidades morfopedológicas da região do Pau D'Alho foi feita a partir da análise da análise da restituição da rede de drenagem, rupturas de origem fluvial e estrutural, além das formas erosivas. A definição dos compartimentos morfopedológicos foi dificultada porque a gênese da área é bastante complexa, inviabilizando o enquadramento da área em modelos já estabelecidos. Não raro, são encontradas camadas geológicas mais antigas sobre camadas mais recentes, solos rasos em áreas de relevo pouco movimentado, etc. Diante da diversidade de formas e materiais presentes na área, procedeu-se na descrição sumária e análise separada de cada um dos temas restituídos sobre as fotografias aéreas. Após a avaliação individualizada de cada variável, foram correlacionados todos os temas para que se chegasse ao limite das prováveis compartimentos morfopedológicos. A informação sobre relevo e drenagem foi eficiente para a delimitação das unidades morfológicas, mas a informação acerca da cobertura pedológica só foi obtida a partir da correlação dos temas restituídos com outros dados, tais como litologia, declividade. O uso de fotografias aéreas na definição de unidades morfopedológicas constitui uma alternativa de grande precisão, desde que se conheça muito bem as características da área a ser estudada, principalmente os limites de cada litologia. As áreas com forte influência da tectônica, como a região do Complexo do Pau D'Alho, oferecem grande dificuldade a esse tipo de levantamento e exigem um estudo mais aprofundado acerca das principais variáveis que compõem e influenciam a paisagem. Para os casos em que as hipóteses levantadas em gabinete não se confirmaram nos trabalhos de campo, foi necessário criar novas chaves de interpretação que serviram de indicadores mais precisos das nuances na paisagem.

Palavras-chave: Unidades Morfopedológicas, Cartografia Geomorfológica, Fotopedologia, Fotointerpretação.

### **1 – INTRODUÇÃO**

O solo, o relevo, a rede de drenagem e o embasamento geológico estão intrinsecamente relacionados, portanto uma mudança em uma das variáveis pode refletir nas demais e modificar a paisagem. Partindo dessa premissa, pode-se dizer que em compartimentos morfológicos distintos, provavelmente serão encontrados solos diferentes. Sendo assim, os compartimentos morfológicos também podem ser chamados de morfopedológicos.

As unidades morfopedológicas são bastante úteis quando se faz, por exemplo, um levantamento de solos. Se este for feito a partir de fotografias aéreas, a grande dificuldade é de que o solo não é um elemento que pode ser facilmente visto e identificado nesses materiais. A camada da cor superficial do solo, vista de uma fotografia aérea, poderia ajudar na identificação dele, sendo, neste caso, a tonalidade como um critério fotointerpretativo, entretanto este só pode ser utilizado quando o solo está nu, o que nem sempre é comum na paisagem. (PINHEIRO, 2004) Dessa forma, os mapeamentos de solos feitos a partir de fotografias aéreas utilizam-se de outros elementos que são mais visíveis na paisagem, como o relevo e a drenagem, e que constituem indicadores precisos da cobertura pedológica. A partir das unidades morfológicas, definidas com base nas informações de relevo e drenagem, é que se infere a provável cobertura de solos. Este estudo é uma contribuição na área de levantamentos pedológicos, tendo-se como base a delimitação de unidades morfopedológicas a partir de fotografias aéreas.

## **2 – ÁREA DE ESTUDO**

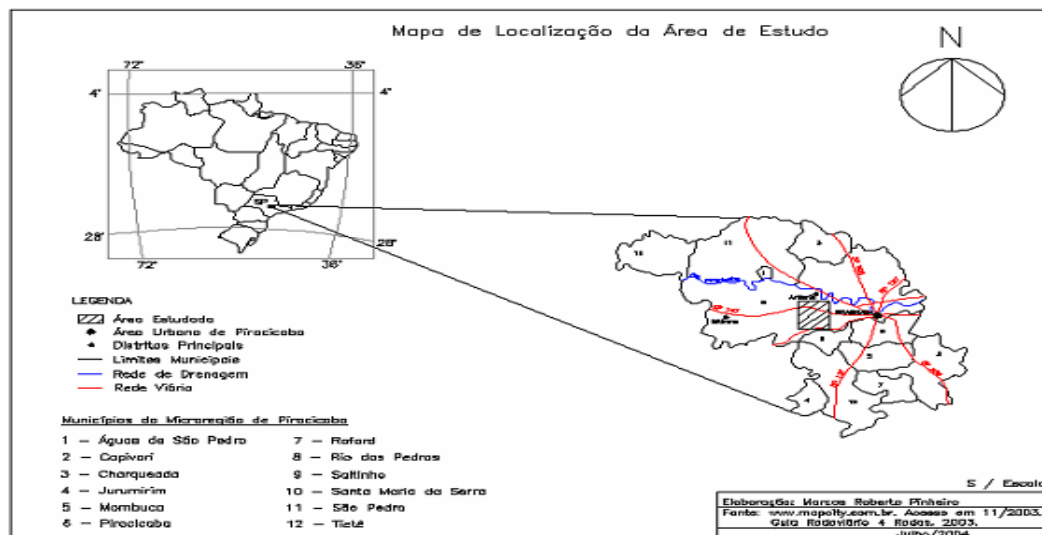
A área estudada chama-se complexo do Pau D' Alho e situa-se no município de Piracicaba, cerca de 130 km a noroeste do município de São Paulo. É caracterizada pela presença de morros, serras, morrotes e colinas, sendo estes dois últimos os mais comuns na depressão periférica paulista da Bacia do Paraná. Os morros e serras são feições geomorfológicas que aparecem apenas de forma pontual na depressão periférica, então eles podem ser considerados como formas “anômalas”, relacionados a processos muito particulares. Para CASTRO (1973), os morros e serras do Pau D'Alho não são estruturas dobradas anticlinais ou dômicas, mas sim altos estruturais gerados por falhas normais, de movimentos verticais e rotacionais, em que os blocos foram adernados. Já para SOUZA (1994), essas formas estão provavelmente relacionadas a dois fatores:

- Esforços horizontais e verticais (Jurássico Superior – Cretáceo Inferior);
- Arqueamento das estruturas provocado por intrusivas concordantes e por compactação diferencial sobre irregularidades paleotopográficas.

O complexo do Pau D' Alho possui um grande número de lineamentos estruturais e sua composição litológica é bastante complexa e diversificada. Os morrotes e colinas são constituídos principalmente pela formação Pirambóia, onde dominam os arenitos, arenitos conglomeráticos e siltitos. (CASTRO, 1972). Nas feições do relevo mais dissecadas, encontram-se rochas intrusivas básicas (diabásio) e materiais da formação Corumbataí (siltitos, arenitos finos e folhelhos), além da própria formação Pirambóia. As rochas

intrusivas básicas estão situadas no centro das estruturas geomorfológicas, aflorando nos topos destas. A formação Corumbataí aparece associada à presença dos diabásios, pois são locais onde também estão situadas as zonas de falhas, não raro com blocos escalonados, as quais são as responsáveis pelo arqueamento desta formação mais antiga.

A rede de drenagem da área varia entre média e alta densidade, tem padrão dendrítico e está inserida nas bacias do Piracicaba e Tietê. O complexo do Pau D'Alho



constitui parte do interflúvio que separa essas duas importantes bacias.

A localização da área de estudo está apresentada na figura 2.1:

**Figura 2.1:** Mapa de localização da área de estudo

### 3 – METODOLOGIA

As unidades morfopedológicas da área de estudo foram definidas a partir da delimitação de manchas homogêneas de elementos da paisagem utilizados como indicativos de solos com características morfológicas distintas. As manchas homogêneas, descritas por SOARES & FIORI (1976) como sendo zonas homólogas formadas pela repetição dos mesmos elementos texturais e a mesma estrutura, foram delimitadas tendo-se como base as informações restituídas das fotografias aéreas.

Os temas restituídos foram os seguintes: rede de drenagem, formadas ligadas à ação fluvial, formas estruturais e as ligadas à ação do homem. Essas informações foram separadas em pranchas, ou níveis de informação, onde definiu-se zonas homogêneas para cada um dos temas. Posteriormente, todos os temas foram unidos e, tendo o apoio do mapa geológico da região (SOARES, 1972) e da carta de solos de Piracicaba (OLIVEIRA &

PRADO, 1989), definiu-se as manchas de síntese, onde foram levantadas hipóteses quanto à cobertura pedológica delas. Estas foram confirmadas ou refutadas durante os trabalhos de campo.

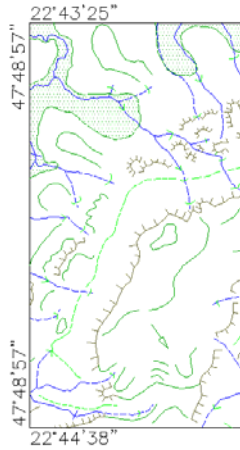
A fotointerpretação foi feita com base no trabalho de GOOSEN (1968) apud AMARAL & AUDI (1972) e LIMA (1984). Para esse autor, a fotointerpretação aplicada ao levantamento de solos pode ser dividida em análise dos padrões, análise dos elementos da paisagem e análise fisiográfica. Esses dois primeiros critérios, que foram os usados neste trabalho, são definidos, respectivamente, como a subdivisão da paisagem em unidades menores baseados na análise dos elementos padrões locais (drenagem, aspectos erosivos, etc.) e análise sistemática daqueles elementos relacionados com as condições do solo.

Os overlays com as informações restituídas das fotografias aéreas foram posteriormente georeferenciados, digitalizados e vetorizados em ambiente SIG – Sistema de Informação Geográfica. Em meio digital, pode-se trabalhar com os temas de forma separada, delimitar precisamente as manchas homogêneas de cada um deles e depois cruzar os limites e informações entre as pranchas. O resultado desse cruzamento gerou o mapa síntese de manchas, que é a base do mapa final das unidades morfopedológicas.

A legenda adotada para o mapa morfológico elaborado sobre as fotografias aéreas é baseada em TRICART (1965), embora não tenham sido restituídos todos os temas preconizados por ele. O elemento norteador foi o fim a qual se aplicava ao trabalho, que era a definição das unidades morfopedológicas. Além deste autor, foram feitas algumas adaptações na simbologia adotada nos trabalhos de cartografia geomorfológica de ROMER (1969) e apresentados no Colóquio Franco-Brasileiro, 1978 (QUEIRÓZ NETO, J.P. & JOURNAUX, S.).


A figura 3.1 é um trecho do mapa morfológico, a partir do qual foram definidas as unidades morfopedológicas.

**Tabela 3.1:** Legenda adotada no mapa morfológico final e exposto na figura



**Figura**

<b>Tema</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Nome</b>
<b>Hidrografia</b>		Cascatas e Soleiras
		Curso d' água Perene
		Curso d' água Temporário
		Represas
<b>Formas Estruturais</b>		Cornijas
		Blocos Adernados de Origem Tectônica
<b>Formas Ligadas à Ação Fluvial</b>		Ruptura Convexa
		Ruptura Côncava
		Vertente Côncava
		Vertente Convexa
		Vertente Retilínea
		Vales em "V"
		Vales em Berço
		Várzeas ou Vale de Fundo Chato
		Terraços Fluviais

<b>Formas Ligadas à Ação do Homem</b>		<b>Feições Erosivas</b>
---	---	-------------------------

#### **4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A definição dos compartimentos morfopedológicos foi dificultada porque a gênese da área é bastante complexa, inviabilizando o enquadramento da área em modelos já estabelecidos. Não raro, são encontradas camadas geológicas mais antigas sobre camadas mais recentes, solos rasos em áreas de relevo pouco movimentado, etc. Sendo assim, a definição das unidades morfopedológicas foi estabelecida a partir da compreensão de cada uma das variáveis da paisagem. Isso foi realizado a partir de um estudo detalhado de cada um dos temas (relevo, drenagem, geologia, declividade, etc.) por meio de uma descrição minuciosa. Após isso, procedeu-se à correlação dos dados levantados, que foi a base para a dedução de informações não visíveis ou pouco conhecidas no local, como a distribuição dos solos.

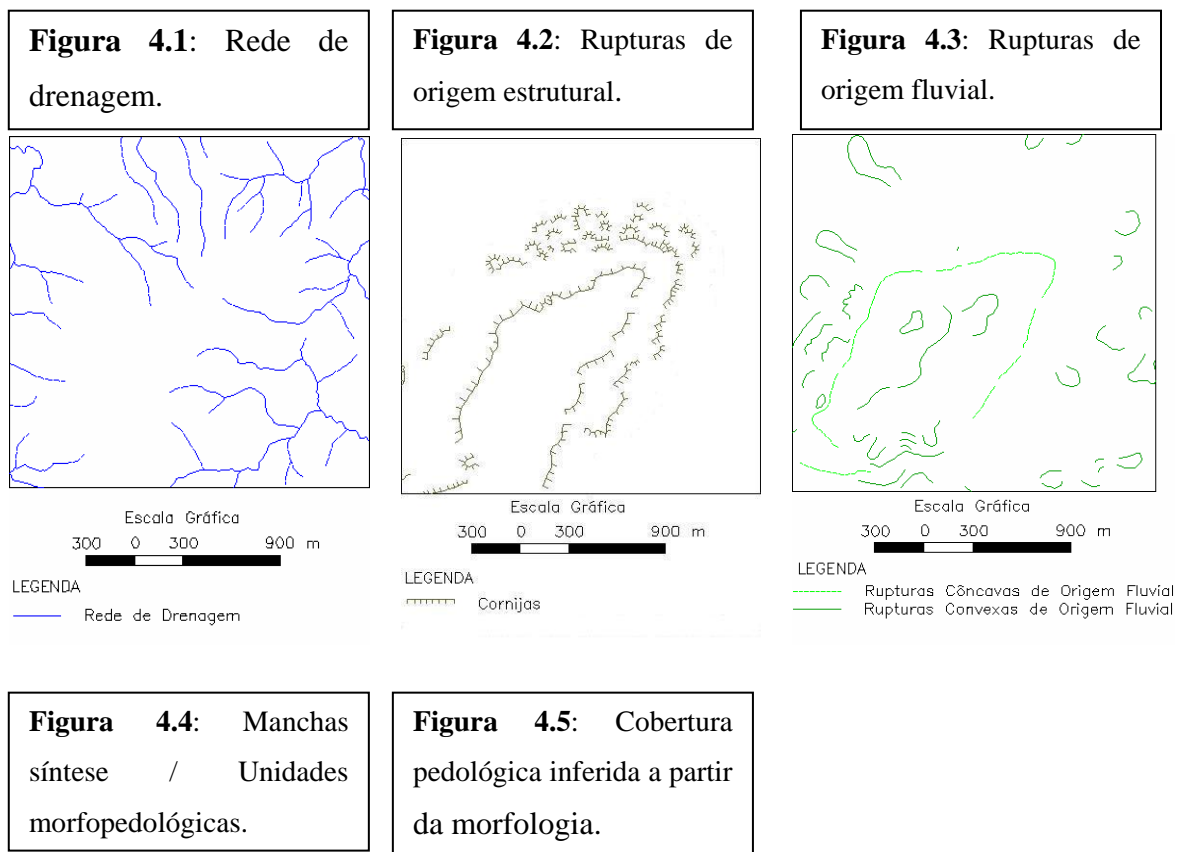
Em grande parte do Complexo do Pau D'Alho, a rede de drenagem varia de média a bastante densa e o padrão é dendrítico, exceto em alguns trechos compostos de materiais bastante permeáveis, tal como em algumas planícies fluviais. A presença de drenagem bastante densa é muito comum nas cabeceiras dos principais canais de drenagem da região, embora ela seja sensivelmente mais significativa nas feições de relevo compostas pelas rochas intrusivas básicas, como o diabásio, que são pouco permeáveis. Junto desse tipo de drenagem e litologia, observa-se que há um grande número de cornijas, com magnitudes variadas, e que são de origem estrutural. As rupturas côncavas e convexas, de origem fluvial, são longas, pouco comuns e a declividade é alta (>30%). Essas características são indicativas de solos pouco desenvolvidos.

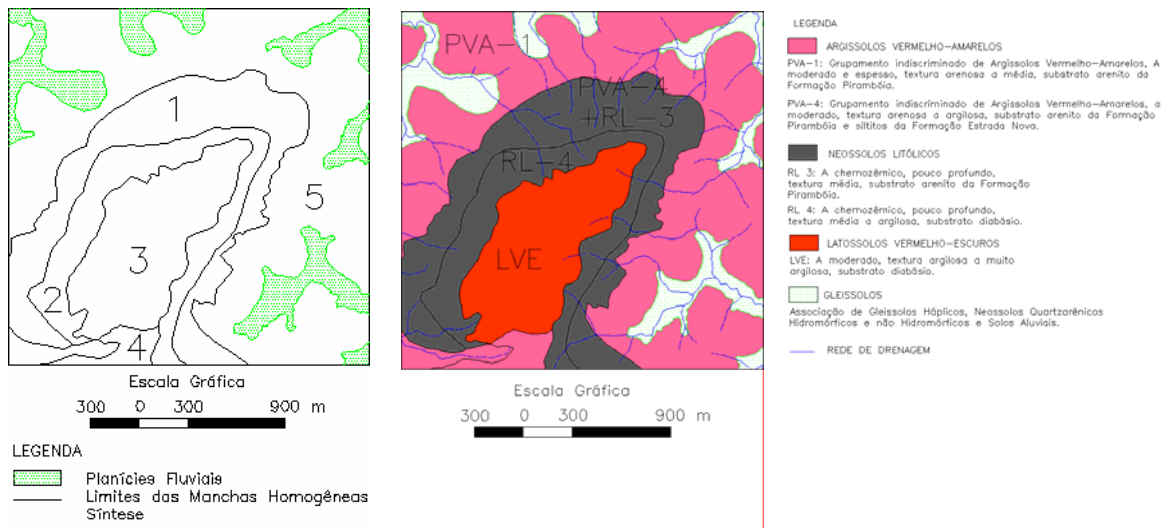
O topo da maior parte dos altos estruturais é plano e a declividade é baixa. Nesses pontos, a litologia principal quase sempre é o diabásio, cuja permeabilidade é muito baixa, embora, em certos casos, isso não tenha gerado uma densidade de drenagem alta, o que pode provavelmente estar associado à baixa declividade do local e resistência da rocha. Apesar da vegetação exuberante e/ou do alto aproveitamento agrícola, o grau de desenvolvimento dos solos dessas serras e morros de topos planos é variável, considerando que foram encontrados desde Neossolos Litólicos até Latossolos profundos. Essa variação

difícilmente pode ser percebida a partir de uma fotografia aérea, considerando apenas os critérios de fotointerpretação utilizados e expostos na legenda. Para esses casos, é necessário que se criem novas chaves de interpretação.

Nas áreas situadas em materiais mais permeáveis, como os arenitos, e a rede de drenagem tem densidade que varia entre baixa e média. Nesses locais, a infiltração da água é maior, as rupturas estruturais são quase inexistentes e as rupturas provenientes da ação fluvial são mais numerosas, embora o comprimento delas seja variável. Nos pontos em que as rupturas fluviais são mais numerosas, elas são mais curtas e as declividades predominantes variam entre 6-12%. Nas zonas em que as rupturas são em menor número, mas são mais amplas, as declividades variam entre 0-6%, o que, por dedução, levaria a conclusão de que neste trecho os solos são mais desenvolvidos que no anterior.

O cenário descrito nos parágrafos anteriores é um exemplo da diversidade de formas e materiais encontrados na área, bem como a interpretação que se faz deles. Para demonstrar os passos seguidos até a definição das unidades morfopedológicas, serão exibidos a seguir, respectivamente, os principais temas restituídos, as manchas homogêneas síntese (que deram origem ao mapa de unidades morfopedológicas) e o mapa pedológico gerado a partir destas. O trecho selecionado como amostra é o mesmo já exposto na figura 3.1.





A tabela 4.1 é uma síntese de todas as características observadas em cada um dos compartimentos morfopedológicos delimitados na figura 4.4:

**Tabela 4.1:** Características dos compartimentos morfopedológicos.

Unidades Morfopedológicas	PRODUTOS DA FOTOINTERPRETAÇÃO			MATERIAIS DE APOIO		CORRELAÇÃO E DEDUÇÃO	
	Relevo		Drenagem	Declividades	Embasamento Geológico	Solos	
	Rupturas Côncavas e Convexas	Cornijas				Grau de Desenvolvimento	Solos Prováveis
1	Côncavas: numerosas e longas, no sopé das vertentes dos morros e serras. Convexas: poucas em porções variadas das vertentes.	Muito numerosas em porções diversas das vertentes e bordejando os topos das serras.	Média e alta densidade.	Altas declividades, predominando valores superiores a 30%.	Arenitos, diabásios e siltitos.	Solos rasos, pouco desenvolvidos, textura variável entre arenosa a média argilosa.	Neossolos litólicos e brunizens.
2	Côncavas: raras, delimitam os sopés dos morros e colinas. Convexas: rupturas pequenas e raras.	Numerosas, contínuas e bordejando os topos das serras.	Média densidade.	Altas declividades, predominando valores superiores a 30%.	Diabásios, arenitos e siltitos.	Solos rasos, pouco desenvolvidos, textura variável entre arenosa a média argilosa.	Neossolos litólicos e brunizens.
3	Côncavas: raras, delimitam os sopés dos morros e colinas. Convexas: rupturas longas sobre topos planos e suavemente arredondados.	Ausentes.	Baixa densidade.	Baixas declividades, predominando entre 0-12%.	Diabásios.	Solos bem desenvolvidos, textura média a argilosa.	Latossolos e nitossolos vermelhos.
4	Côncavas: ausentes. Convexas: poucas, curtas e situadas nos topos da serra e no terço médio das vertentes.	Raras, distribuídas de forma esparsa pela mancha.	Média densidade.	Predominantemente entre 0-12%, com valores superiores em algumas porções mais restritas.	Arenito	Solos com médio desenvolvimento, textura média arenosa.	Argissolos.
5	Côncavas: ausentes.	Raras, distribuídas em	Média e alta	Predominantemente entre 0-	Arenitos, siltitos,	Solos pouco e bastante	Argissolos, latossolos e



	Convexas: numerosas em diversas posições das vertentes e delimitando os topos de morro.	porções esparsas da mancha.	densidade.	30%. Porções restritas com valores superiores a 30%.	folhelhos e diabásios.	desenvolvidos; textura variável de arenosa a argilosa.	neossolos litólicos.
--	---	-----------------------------	------------	---	------------------------	--	----------------------

## 5 - CONCLUSÕES

O uso de fotografias aéreas na definição de unidades morfopedológicas constitui uma alternativa de grande precisão, desde que se conheça muito bem as características da área a ser estudada, principalmente os limites de cada litologia. As áreas com forte influência da tectônica, como a região do Complexo do Pau D'Alho, oferecem grande dificuldade a esse tipo de levantamento e exigem um estudo mais aprofundado acerca das principais variáveis que compõem e influenciam a paisagem. Para os casos em que as hipóteses levantadas em gabinete não se confirmem nos trabalhos de campo, é necessário que se crie novas chaves de interpretação que sirvam de indicadores mais precisos das nuances da paisagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL A. Z. & AUDI. R. Fotopedologia. In: Elementos de pedologia. Coord. Antônio Carlos Moniz. Editora da Universidade de São Paulo e Editora Polígono, 1972. 459 pg.
- BOON; VERSTAPPEN & VINK. Problemas metodológicos da interpretação de fotografias aéreas. ITC, 1965. pg. 31- 40.
- CASTRO, P. R. M. Contribuição ao estudo da estrutura do Pau D' Alho – Piracicaba – SP. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1973.
- COLTRINARI, L. Um exemplo de carta geomorfológica de detalhe: a carta do médio vale do rio Parateí-SP. São Paulo. Pg. 1-8. 1978.
- FRANÇA, G. V. Interpretação fotográfica de bacias e rede de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. 151 pg. Tese de Doutorado. ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. Piracicaba.
- GARCIA, G. J; MARCHETTI, D. A. B. Princípios de fotogrametria e fotointerpretação. São Paulo, Editora Nobel, 1º Edição, 1957, 257 pg.
- GEOFOTO S.A; PROSPEC S.A. Recobrimento aerofotogramétrico do Estado de São Paulo. 1 : 25 000, 1962.

OLIVEIRA, J. B. de. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas. IA. Boletim Científico. N°45, pg.1-108. 1999.

OLIVEIRA, J. B; PRADO, H. Carta pedológica semi-detalhada do Estado de São Paulo: folha Piracicaba. São Paulo, IA – Instituto Agrônômico / IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico. 1989. Escala 1 : 100 000.

PINHEIRO, M. R. Fotopedologia da região do Pau D’Alho – Piracicaba/SP. A fotointerpretação como um instrumento no mapeamento de solos. 100 pg. Trabalho de Graduação Individual. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

SOUZA, M. O. L. Evolução tectônica dos altos estruturais de Pitanga, Artêmis, Pau D’Alho e Jibóia – centro do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1994.