

## **O PROCESSO PEDOGENÉTICO NO DOMÍNIO TROPICAL ATLÂNTICO- O EXEMPLO DO VALE DO PARAÍBA DO SUL/SP.**

MOURA C. A. 1

<sup>1</sup>Graduação geografia-Universidade Estadual Paulista - Rio Claro, [crstimoura@hotmail.com](mailto:crstimoura@hotmail.com)

JIMENEZ-RUEDA J. R. 2

<sup>2</sup>Prof.º Dr.º Universidade Estadual Paulista do Depto de Petrologia e Metalogenia – Rio Claro, [jairorjr@rc.unesp.br](mailto:jairorjr@rc.unesp.br)

MARTINS COELHO J. O. 3

<sup>3</sup>Graduação geografia-Universidade Estadual Paulista - Rio Claro, [julianotatoo@yahoo.com](mailto:julianotatoo@yahoo.com)

### **RESUMO**

O Vale do Paraíba do Sul está localizado no extremo leste do estado de São Paulo no Domínio Tropical Atlântico, entre os paralelos 22° e 24° de latitude sul e meridianos 44° e 46° de longitude oeste, numa faixa atualmente sob influência de um clima subtropical úmido que aliado a outros fatores ambientais como cobertura vegetal e geologia atuam no intenso processo pedogenético da região. De acordo com Ab'Saber (1969) o Vale do Paraíba do Sul constitui a área core do domínio dos mares de morros, considerada a área de mais profunda decomposição das rochas e de máxima presença de mamelonização topográfica no país, refletindo a ação dos processos morfoclimáticos tropicais úmidos. Determinar no ambiente intertropical quais seriam os condicionantes em uma ordem crescente de atuação no processo pedogenético é tarefa complexa, pois esses elementos atuam mediante contínuas interações. Este estudo tem como objetivo contribuir para o entendimento do processo pedogenético em ambiente tropical mais especificamente no Vale do Paraíba Sul, já que essa região é tida por muitos autores como de máxima meteorização de rochas no Estado de São Paulo. Para isso, foram obtidos dados climáticos (Jimenez-Rueda et. alli, 1989) e pedológicos (Mapa Pedológico do Estado de São Paulo-IAC, 1999). Após a compilação do mapa foi feita a escolha da área de melhor representação topográfica para elaboração de um perfil genérico que evidencia o escalonamento do relevo e a fossa tectônica do grábeno do Paraíba do Sul. Este perfil foi elaborado no programa Global Mapper, e posteriormente correlacionado aos dados bibliográficos num quadro. No mapa Pedológico do IAC escala 1:500000 são classificados cinco tipos de solos para a região do Vale do Paraíba. Dos quais destacaremos os elementos ecodinâmicos responsáveis pela constituição das classes de solo, buscando por fim, uma análise da dinâmica desses elementos. Devido à intensidade da atuação do Clima tropical úmido nessa região podemos considerar esse fator como constante. O relevo tem seu destaque na diferenciação dos estágios evolutivos desses solos (maiores profundidades). Esses dois fatores juntamente com a biota e a litologia atuam definindo os processos pedogenéticos e intempéricos responsáveis pela formação e evolução dos solos no Vale do Paraíba do Sul. Nesse ambiente o clima age como principal fator homogeneizador dos solos, enquanto a geologia (litologia e tectonismo) como principal fator de diversificação dos solos.

Palavras-chave: Processo Pedogenético, Domínio Tropical Atlântico, Vale do Paraíba do Sul.

### **INTRODUÇÃO**

O Vale do Paraíba do Sul está inserido no Brasil Tropical Atlântico, numa faixa atualmente sob influência de um clima subtropical úmido que aliado a outros fatores ambientais como cobertura vegetal e geologia favorecem uma intensa decomposição das rochas nessa região.

Este estudo tem como objetivo contribuir para o entendimento do processo pedogenético em ambiente tropical mais especificamente no Vale do Paraíba Sul, já que

essa região é tida por muitos autores como de máxima meteorização de rochas no estado de São Paulo. Contando com o subsídio do mapa Pedológico do IAC, escala 1:500000, destacaremos os elementos ecodinâmicos responsáveis pela constituição das classes de solo, buscando por fim, uma análise da dinâmica desses elementos.

O Vale do Paraíba está localizado no extremo leste do estado de São Paulo, entre os paralelos 22° e 24° de latitude sul e meridianos 44° e 46° de longitude oeste, é formado por duas grandes unidades geológicas que são o escudo cristalino e a bacia sedimentar, divididos em três unidades de relevos predominantes que são a Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e Vale do Paraíba do Sul. (figura 1).

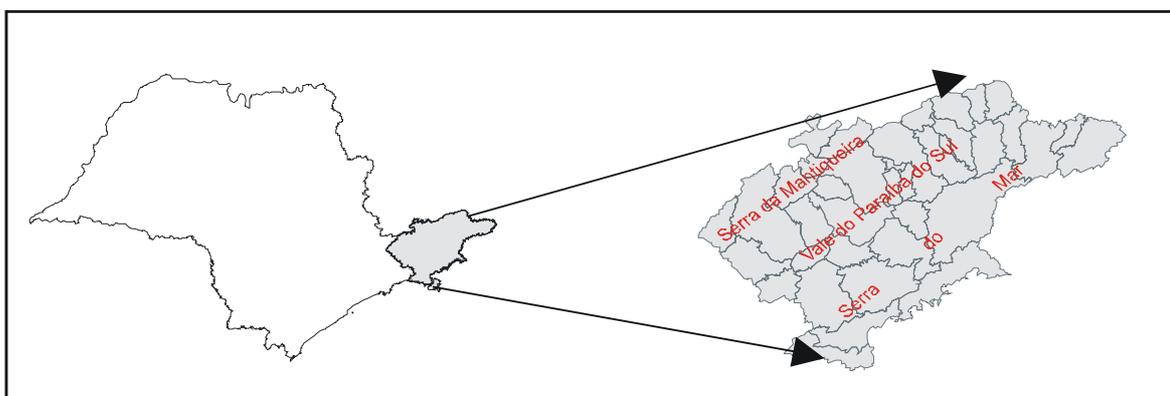


Figura 1-Localização da região do Vale do Paraíba no estado de São Paulo.

O Principal rio dessa região é o Paraíba do Sul que nasce na confluência dos rios Paraíba e Paraitinga na Serra da Bocaina, dirigindo-se para SW até o cotovelo de Guararema na soleira que separa as bacias de Taubaté e São Paulo, onde muda bruscamente seu curso voltando se para NE. Atravessa todo o Vale do Paraíba pelos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, onde irá desaguar no oceano Atlântico.

## **METODOLOGIA**

Nesse estudo procuramos coletar os materiais bibliográficos mais pertinentes, para alcançar o objetivo de caracterizar os elementos ecodinâmicos atuantes na formação dos solos no Vale do Paraíba. O conceito de ecodinâmica enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica natural e os fluxos de energia e matéria no meio ambiente (Tricart, 1977).

Para isso, foram obtidos dados climáticos (Jimenez-Rueda et. alli, 1989) e pedológicos (Mapa Pedológico do Estado de São Paulo-IAC, 1999). Após a compilação do mapa foi feita a escolha da área de melhor representação topográfica para elaboração de

um perfil genérico que evidencia o escalonamento do relevo e a fossa tectônica do gráben do Paraíba do Sul. Este perfil foi elaborado no programa Global Mapper, e posteriormente correlacionado aos dados bibliográficos numa quadro.

No mapa Pedológico do IAC escala 1:500000 são classificados cinco tipos de solos para a região do Vale do Paraíba, os quais tem sua origem relacionada a quatro patamares do relevo(figura 2).

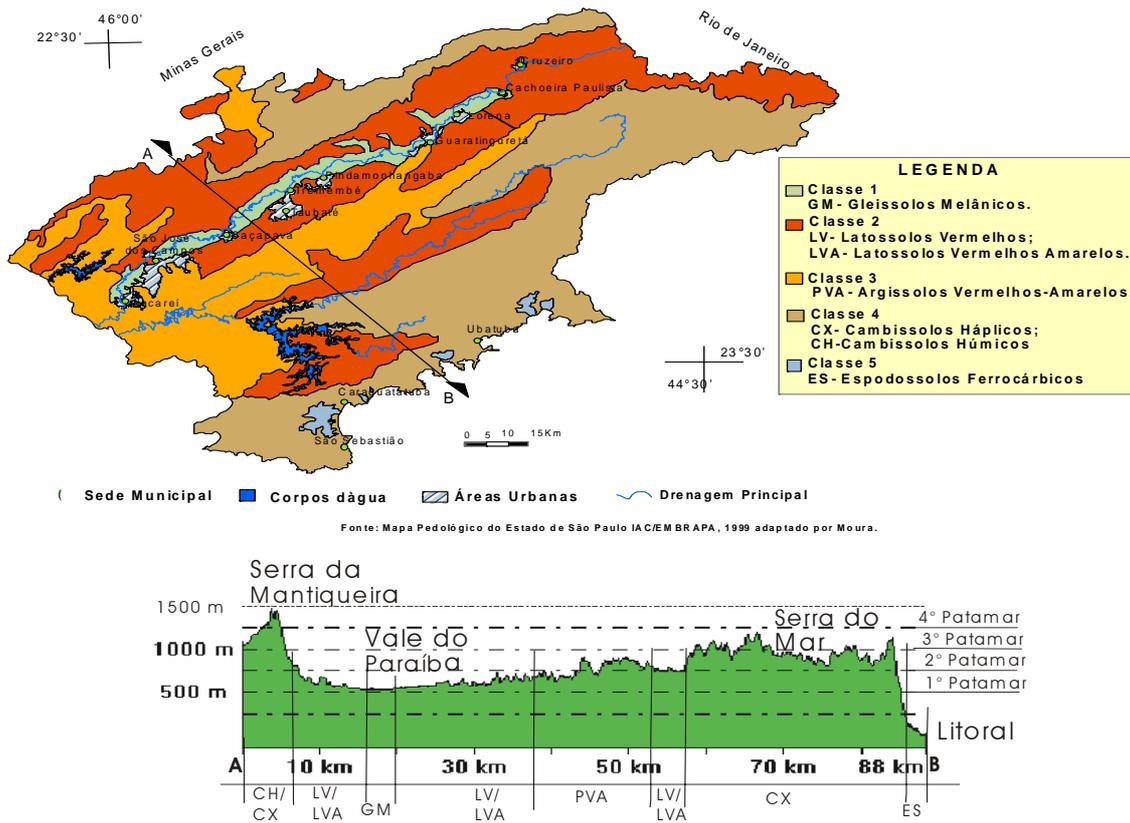


Figura 2 - Mapa de Solos e Perfil Topográfico região do Vale do Paraíba, Serra do Mar e Mantiqueira

No mapa pedológico do IAC, pode se observar o escalonamento gradual dos solos compatíveis com os nivelamentos topográficos. Em relação ao relevo as áreas de mais altas declividades, possuem solos pouco evoluídos originados em rochas cristalinas, enquanto as áreas de relevos planos contêm solos bastante evoluídos constituídos sobre materiais inconsolidados carregados pelos rios da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul.

Os dados em relação à classificação climática (aspecto térmico / regime de umidade) foram obtidos do trabalho de Jimenez-Rueda et alii (1989), que classificou essa região relacionando os aspectos climáticos e os compartimentos do relevo.

A infinidade de variáveis envolvidas na formação dos solos dificulta a possibilidade de elaboração de modelos. Precisar uma ordem fixa nos processos é obviamente difícil, no

entanto a teoria dos sistemas pode ser aplicada como critério para melhor compreender o campo de atuação dos fenômenos que se pretende estudar (Christofolletti, 1971). Sendo que, para analisarmos o meio ambiente, o conceito de sistema de interação dos diversos elementos da natureza de acordo com Tricart (1977), constitui-se no mais lógico que dispomos.

	<b>Classe 01 Patamar 01 Gleissolos Melânicos (GM) /</b>	<b>Classe 02 Patamar 02 Latosolos Vermelho (LV) Latosolos Vermelhos-Amarelos (LVA)</b>	<b>Classe 03 Patamar 03 Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVA)</b>	<b>Classe 04 Patamar 04 Cambissolos Háplicos (CH); Cambissolos Húmicos (CX)</b>	<b>Classe 05 Patamar 05 Espodosolos</b>
<b>Localização</b>	Vale recente do Paraíba do Sul	Paleovale do Paraíba do Sul e baixas vertentes das Serras da Mantiqueira e do Mar	Zona Pré Montana	Zona Montana, das Serras do Mar e Mantiqueira	Zona Litorânea antigas baías ou enseadas
<b>Relevo</b>	relevo de plano até suavemente ondulado	relevos que vão de suavemente ondulado a ondulado	relevos ondulados a fortemente ondulados	terrenos bastante acidentados que variam de fortemente ondulado a escarpado	Relevo plano
<b>Altimetria</b>	entre 500 e 800 m	entre 800 e 1000m	entre 1000 e 1200	acima de 1200	entre 0 a 50m
<b>Material de origem</b>	aluviões com depósitos de calhas e terraços	granitos e gnaisses	granitos, gnaisses e xistos	granitos, gnaisses e xistos	Sedimentos Marinheiros
<b>Clima</b>	clima úmido sem estiagem segundo a efetividade de precipitação e subtropical em relação ao aspecto térmico (Ccw) com regimes de umidade áquico	clima úmido com estiagem no inverno e pelo aspecto térmico subtropical (Ccr), com regime de umidade ústico	clima muito úmido com aspecto térmico entre subtropical a temperado (Bcr), com regime de umidade údico	tipo climático é o superúmido e o aspecto térmico temperado (Adr), com regime de umidade perúdico	tipo climático é o superúmido e aspecto térmico subtropical (Ccr), com regime de umidade perúdico

Quadro 1 –Elementos ecodinâmicos atuantes nos solos Vale do Paraíba

### **Os condicionantes do processo pedogenético no Vale do Paraíba**

Determinar no ambiente intertropical quais seriam os condicionantes em uma ordem crescente de atuação no processo pedogenético é tarefa complexa, pois esses elementos atuam mediante contínuas interações. De qualquer forma, sem uma hierarquização prévia, destacaremos os principais condicionantes nesse ambiente e suas formas de atuação.

#### **Condicionantes geológicos**

A região do Vale do Paraíba apresenta um conjunto de rochas que incluem desde pré-cambrianas com diferentes resistências (granitos, gnaisses e xistos), fortemente estruturadas ou não, até sedimentos modernos. A diferenciação do relevo e solo pode ser atribuída no Brasil Tropical Atlântico segundo De Martonne (1943) a uma desigual

resistência das rochas cristalinas, a própria série arqueana que forma as serras do mar e Mantiqueira não é um todo homogêneo possuindo frequentemente granitos menos resistentes do que os gnaisses.

A diferença na constituição mineral dessas rochas determina diferentes suscetibilidades ao intemperismo físico. Os gnaisses encontrados nessa região são constituídos tanto de minerais claros, como de minerais escuros com abundância de biotita. As rochas máficas são mais intensamente atingidas pela decomposição física incitada pelas amplitudes térmicas (dia/noite) - bastante significativas no Vale do Paraíba-condicionando diferentes intensidades de alteração das rochas que originarão conseqüentemente, solos com diferentes estágios de evolução.

O Vale do Paraíba está situado em ambiente intraplaca o que determina a existência de elementos tectônicos bastante ativos nessa região, ou seja, esta área está sujeita a constantes movimentos distencionais e de subsidência (Morales, 2006). Esses movimentos provocam falhas que submetem os solos a grandes mudanças de nível de base sendo então truncados, recobertos, erodidos e polifasados. Sob essas novas condições ambientais os solos passam por um processo de rejuvenescimento, já que a mudança local de nível de base altera a atuação dos fatores ambientais que agem sobre esses solos.

### **Condicionantes Climatológicos e Paleoclimáticos**

O papel da chuva em ambientes tropicais é primordial tanto para a geomorfologia quanto para a pedologia, pois o escoamento da chuva transporta as partículas do solo, de forma que a água é o principal agente modelador do terreno, controlando o comportamento mecânico das unidades e coberturas de alteração. O volume de infiltração é o determinante da natureza e magnitude dos processos pedogenéticos e morfogenéticos.

Em geral a região do vale do Paraíba permanece a maior parte do ano sob o domínio da massa Tropical Atlântica (elevada temperatura e forte umidade) devido sua posição latitudinal cortada pelo trópico de capricórnio. No verão as precipitações são intensas, pois a região do Vale do Paraíba é muitas vezes o ponto estacionário da frente polar atlântica (FPA), responsável pelos aguaceiros de grande concentração/hora que ocorrem com certa freqüência nas áreas serranas e suas proximidades (Nimer, 1989).

Outro fator climático importante para a formação dos solos no Vale do Paraíba do Sul é a grande amplitude térmica dessa região, tanto diariamente(dia/noite) quanto em relação às diferenças entre as máximas temperaturas registradas no verão e as mínimas no inverno(Nimer, 1989). Essas consideráveis amplitudes promovem a fragmentação das

rochas e conseqüentemente, o intemperismo químico é mais rápido se a rocha for previamente preparada pelo intemperismo físico, que a reduz a fragmentos menores aumentando o contato com os agentes aquosos ativos na degradação da rocha (Leinz, 1995).

Em estudo desenvolvido sobre os processos geoquímicos atuantes nos solos do Brasil, Melfi & Pedro (1977) classificam o processo de hidrólise como o principal responsável pela decomposição das rochas no país, inclusive no Vale do Paraíba. A hidrólise, segundo Carvalho (1995) pode ser definida como um processo de reação química entre a água e um composto iônico salino que levará a decomposição de ambos reagentes, com pelo menos adição de um íon  $H^+$  ou  $OH^-$  a um íon derivado do sal, respectivamente formando um ácido ou uma base. De forma geral, significa o ataque da acidez da água nas estruturas dos cristais (Lepsch, 2002). Apesar da predominância da hidrólise não podem ser descartados os demais processos intempéricos tais como oxidação, redução e solubilização atuantes nas transformações dos cristais das rochas no Vale do Paraíba.

Mas não é somente o clima atual que determina a complexidade dos solos no Vale do Paraíba do Sul, segundo Ab'Saber, 1969 os paleoclimas que atuaram no quaternário na presente área provocaram uma sobreposição de solos e freqüentes linhas de pedra (stones lines) enterradas a 1,5-2 metros nos morros e colinas cristalinas de nível intermediário representando paleopavimentos detriticos inumados por depósitos de coberturas colúviais.

Com o intuito de caracterizar o processo de formação de vertentes em ambientes tropicais, Bigarella (1965) afirmou que durante o pleistoceno operaram alternadamente dois climas. O primeiro foi semi-árido ocorrido em épocas glaciais levando a degradação lateral das vertentes, e um segundo úmido, vigente em épocas interglaciais com a formação de um manto espesso de decomposição no sudeste do Brasil.

Monteiro (1976), assegurou que no plioceno as linhas gerais da morfologia do território já estavam formadas e que durante as oscilações climáticas (seco/úmido) que se produziram desde então, e especialmente ao longo do quaternário estas concorreram para a elaboração dos detalhes das formas e para a evolução da cobertura pedológica e fitogeográfica.

### **Condicionantes Geomorfológicos**

O Vale do Paraíba é de acordo com Ab'Saber (1966) a área core do domínio dos mares de morros, considerada a área de mais profunda decomposição das rochas e de

máxima presença de mamelonização topográfica no país, refletindo a ação dos processos morfoclimáticos tropicais úmidos. O Brasil Tropical Atlântico possui uma compartimentação topográfica complexa, perfazendo relevos que vão de plano a escarpados.

Na região do vale do Paraíba do Sul a fossa tectônica originada por um sistema de falhas criou um escalonamento do relevo. No processo evolutivo dos solos o relevo tem influência no escoamento superficial e infiltração das águas, de forma que quanto menor a declividade mais evoluídos são os solos, ou seja, as áreas planas favorecem a pedogênese enquanto as com altas declividades facilitam a morfogênese.

### **Condicionantes Bióticos**

O intemperismo químico também é facilitado nas regiões tropicais como o Vale do Paraíba, pela ação física dos seres vivos sobre o solo. A atividade microbiana é estimulada pelo clima quente, pela pouca variação sazonal da umidade relativamente alta e pela pluviosidade constante e elevada que drena os produtos da decomposição orgânica e condiciona a lixiviação rápida dos mesmos (Carvalho, 1995).

No Vale do Paraíba do Sul apesar dos solos serem originados de rochas quimicamente pobres, o clima permite a existência de uma vegetação exuberante. A vegetação de mata Atlântica nessa região favorece a infiltração de água no solo e evita a erosão, possibilitando a existência de solos bem evoluídos com considerável acúmulo de nutrientes. Os vegetais também desempenham importante papel transportador de elementos químicos ou substâncias nutritivas das zonas profundas para a superfície do solo (Viera, 1975).

### **Resultados e Discussões: Interação entre os condicionantes**

Os Fatores de formação do solo não podem ser considerados como independentes uns dos outros. No entanto, na região do vale do Paraíba do Sul o clima quente e úmido pode ser posto em evidência. Para cada 10°C de aumento de temperatura, dobra a velocidade das reações químicas e a água e o gás carbônico que são os responsáveis pela maior parte das reações químicas que envolvem o intemperismo dos minerais (Lepsch, 2002).

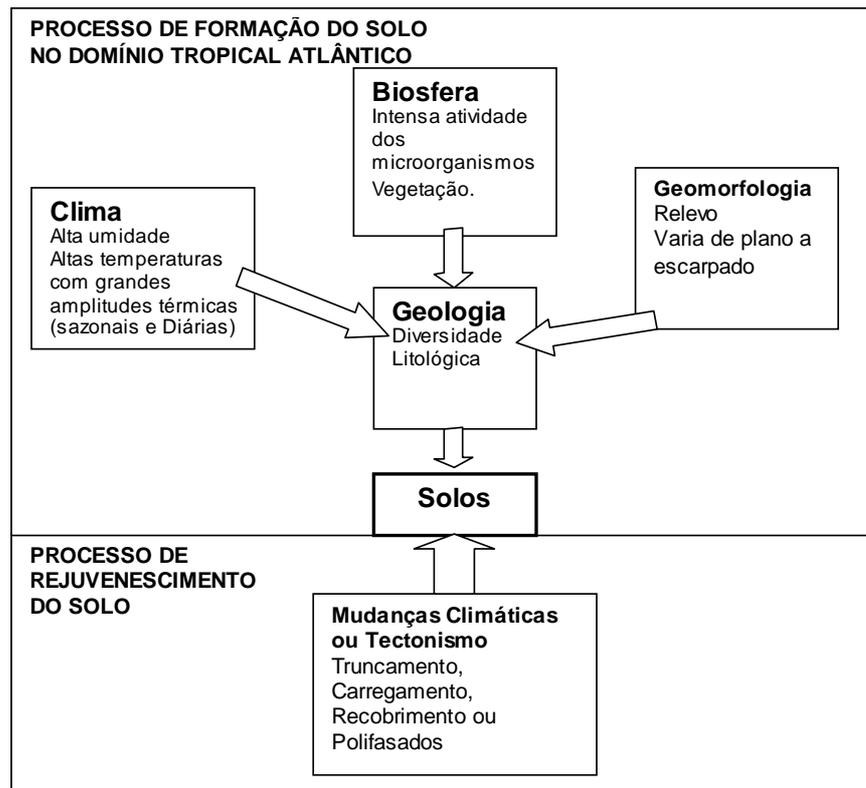


Figura 3- Processo de formação e rejuvenescimento do solo no Brasil Tropical Atlântico.

De acordo com a figura 3, podemos definir o processo de formação do solo no Domínio Tropical Atlântico da seguinte forma: Devido à intensidade da atuação do Clima tropical úmido nessa região podemos considerar esse fator como constante juntamente com os fatores bióticos, conseqüentes deste, no processo de intemperização da rocha. O relevo tem seu destaque na diferenciação dos estágios evolutivos desses solos (maiores profundidades). Esses três fatores atuam conjuntamente com a litologia definindo os processos pedogenéticos atuantes na formação e evolução dos solos. Nesse ambiente o clima age como principal fator homogeneizador dos solos, enquanto a geologia(litologia e tectonismo) como principal fator de diversificação dos solos.

Depois de formado o solo pode passar por um processo de rejuvenescimento onde, mudanças ambientais causadas por tectonismo e oscilações climáticas podem promover o truncamento, carregamento ou recobrimento desses solos.

As alternâncias climáticas entre climas secos e úmidos, determinam uma alteração nos condicionantes ambientais que atuam sobre os solos. Essas alterações policíclicas tornam complexas as distribuições dos solos nesses ambientes, portanto para se compreender os processos intempéricos e pedogenéticos responsáveis pela formação

desses solos, deve se admitir que eles podem ter sido submetidos em momentos pretéritos a condições ambientais totalmente diversas das atuais.

O mapa Pedológico do IAC não demonstra essa diversidade de solos, mas a análise desse mapa contribui ao entendimento da evolução dos solos em ambientes tropicais quando avaliados os aspectos climáticos, bióticos e topográficos, no entanto, para um maior detalhamento dos solos dessa área os aspectos geológicos são os determinantes.

A gestão dos recursos ecológicos deve objetivar a avaliação do impacto das intervenções humanas no meio natural. Alguns estudos de superfície são desenvolvidos para determinar taxas aceitáveis de intervenção e extração de recursos sem considerar as camadas subsuperficiais que podem ter sido submetidas a outros condicionantes climáticos e se expostas entrarão rapidamente em desequilíbrio com o ambiente. É imprescindível considerar essas questões em estudos de impactos ambientais de obras que afetam aos diversos elementos ecodinâmicos do ambiente, também é oportuno mencionar que as intervenções do homem no ambiente inserem um novo elemento nos processos morfogenéticos e pedogenéticos.

#### **Referências Bibliográficas:**

- AB'SÁBER, A. N. O domínio dos mares de morro no Brasil. São Paulo, USP/Instituto de geografia, **Série Geomorfologia**, N° 2, 12p., 1969.
- BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R. Significado Paleogeográfico e Paleoclimático dos depósitos rudáceos, **Boletim Paranaense de Geografia**, N°s 16 e 17, p. 7-16, julho/1965.
- CHRISTOFOLETTI, A. A teoria dos sistemas, **Boletim de Geografia Teorética**, Ageteo, Rio Claro, N°2, p. 43-60, 1971.
- CARVALHO, I. G. **Fundamentos da geoquímica dos processos exógenos**, editora Boreau, Salvador-Bahia;1995, 239p.
- DE MARTONNE, E. Problemas Morfológicos do Brasil Tropical Atlântico **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, N° 4, p. 3-27, 1943.
- IAC- **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo** - São Paulo : IAC/EMBRAPA- Escala 1:500000.1999.
- JIMÉNEZ, R.J.R.; PESSOTI, J.E.S.; MATTOS, J. T. **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, Anais. São José dos Campos, INPE/SELPER, tomo I, P 135-140, 1989.
- LEINZ, V.;AMARAL S. E. **Geologia geral**, Editora Nacional, São Paulo, 12° edição revisada, 400 p.
- LESPCH, I. F. **Formação e conservação dos solos** - Oficina de Textos: São Paulo, 2002,178p.
- MELFI, A. J.; PEDRO, G. Estudo Geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil-Parte 1 –Caracterização e repartição do solo pela geoquímica, **Revista Brasileira de Geociências**, 7: p.271-286, 1977.
- MONTEIRO, C. A. F. O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo São Paulo, USP/Instituto de geografia (**Série Teses e Monografias**, 28), 1976, 54 p.

MORALES, N. Neotectônica em ambiente intraplaca: exemplo da região sudeste do Brasil (sistematização crítica da produção científica). Tese livre docência, Rio Claro, 2006, 201p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**, IBGE, Departamento de recursos Ambientais: Rio de Janeiro, 1989, 422 p.

PASSOS, E. ; BIGARELLA J.J. Superfícies de erosão in **Geomorfologia do Brasil** organizado Sandra Batista Cunha, Rio de Janeiro:Bertrand Brasil, 1978, 392p.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia**, IBGE : Rio de Janeiro, 1974,158p.

TRICART, J. As relações entre a morfogênese e pedogênese **Notícia Geomorfológica**, Campinas-SP, 8(15) : p.5-18, jun. 1968.

\_\_\_\_\_ **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE,1977, 91 p.