

# EVOLUÇÃO DA PAISAGEM GEOMORFOLOGICA E A INFLUÊNCIA DA PRESSÃO URBANA NO MACIÇO DA PEDRA BRANCA, RIO DE JANEIRO – RJ.

Marcelo Vargas e Silva Castanheira<sup>1</sup>  
Marcelo Motta de Freitas<sup>2</sup>

## 1- Introdução

A geomorfologia é a ciência que estuda as formas do relevo, no entanto é importante lembrar que ela é complementada por outras disciplinas, como geologia, pedologia e hidrologia. Sobretudo, esta última, cumpre uma função integradora dos processos geomorfológicos. A água é, certamente, um dos mais importantes agentes modeladores do relevo da superfície terrestre.

No processo de modelagem do relevo a água inicia seu trabalho desde o intemperismo, sendo definido por Guerra & Guerra (2003) como o “conjunto de processos mecânicos, químicos e biológicos que ocasionam a desintegração e decomposição das rochas”.

Para muitos autores a bacia de drenagem é a unidade de relevo fundamental para os estudos de natureza geomorfológica e hidrológica. Botelho (1999) nos mostra a sua importância considerando “a bacia hidrográfica como unidade natural de análise da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação”.

A bacia hidrográfica já vem sendo discutida pela ciência há muito tempo, e uma das mais importantes constatações é de que ela é um sistema aberto. Coelho Neto (2001) em sua leitura de Chorley (1962) entendeu “a bacia de drenagem, enquanto uma unidade hidrogeomorfológica, constituindo um exemplo típico de sistema aberto, a medida que recebe impulsos energéticos das forças climáticas atuantes sobre sua área e das forças tectônicas subjacentes, e perde energia por meio da água, dos sedimentos e dos solúveis exportados pela bacia no seu ponto de saída”.

Assim qualquer acontecimento dentro da área da bacia estará influenciando todos os seus membros, existindo então para Gilbert (1877 *in* Coelho Neto, 2001) uma interdependência por meio do sistema. Para o autor, qualquer mudança no sistema da bacia

---

<sup>1</sup> PUC Rio  
marcastanheira@pop.com.br

<sup>2</sup> PUC Rio  
marcelomotta@terranova.org.br

pode ser detectado no seu ponto de saída, pela vazão, quantidade sedimentos em suspensão, poluentes, entre outros.

Segundo Coelho Neto (2001), “bacia de drenagem é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial”, sendo essa saída comum o reflexo das atividades na área da bacia. A bacia é delimitada pelo divisor de drenagem, ou seja, o ponto onde o relevo separa os fluxos de água pela gravidade. Esses pontos são delimitados no mapa como a linha perpendicular ao eixo dos interflúvios (curvas de nível convexas para baixo). O canal fluvial é constituído por uma forma incisa com bordas bem definidas, sendo a rede de drenagem o conjunto desses canais. Outra denominação importante no entendimento de bacias de drenagem é a encosta, definida como a porção do relevo localizada entre o divisor e o fundo de vale. Por fim, o fundo de vale é definido como a área sob a influência do canal fluvial, geralmente de forma plana.

Os solos encontrados nos divisores são os eluviais, compostos por depósitos de materiais intemperizados diretamente da rocha *in situ*. Nas encostas podem ser encontrados sedimentos depositados- material pedológico que sofreu algum tipo de transporte e deposição- conhecidos como colúvios e no fundo de vales existem sedimentos que foram transportados pelo canal fluvial e trabalhados pela água do rio lhe dando assim características próprias, denominado alúvio.

Pode-se dizer que existem 5 tipos de processos erosivos que formam depósitos: a) Movimento de massa, força gravitacional; b) Erosão em lençol, ou “sheet wash”, água em superfície levando os grãos; c) Ravinamentos, concentração de fluxos superficiais escavando sulcos; d) Voçorocamento, formado pelo escoamento do lençol ou escoamento sub-superficial; e) Erosão fluvial que é causada pelo transporte de sedimentos no canal fluvial. Ainda se discute a inclusão dos movimentos de massa como processos erosivos, uma vez que não há agente transportador envolvido no processo.

A precipitação é um importante fator no controle do ciclo hidrológico, e está diretamente relacionada a todos esses processos erosivos. As maiores ocorrências de processos erosivos no sudeste brasileiro estão relacionados ao tipo de chuva que se tem, podendo ser esses os principais tipos de precipitação: choque de frentes distintas, chuva de convecção e chuva orográfica, no caso do Rio de Janeiro predominam as chuvas frontais associadas a influencia do relevo (Brandão, 2001).

A precipitação mais comum é decorrente do choque de massas de ar com propriedades distintas , normalmente uma seca e fria vinda da região polar sul que encontrando uma úmida e quente formada na área tropical atlântica, causando instabilidades e o aquecimento da temperatura local, criando um alto índice de evaporação,

muitas nuvens e conseqüentemente, a precipitação. Quando esse encontro ocorre no inverno não se observam grande magnitude nas chuvas e conseqüentemente menor efetividade erosiva, mas quando acontece no verão, algumas vezes, essa precipitação vem com uma intensidade de tal proporção que o substrato não é capaz de absorver toda a água, causando uma eleva da ocorrência de processos erosivos, principalmente de movimentos de massa. Freitas (1998), nos mostra que além da magnitude das precipitações deve ser considerada a intensidade dessas chuvas. Sendo que a partir de experimentos com simuladores, Wainwright (1996) afirma que a infiltração é controlada pela intensidade da chuva aplicada.

As chuvas convectivas são formadas pela ocorrência de uma maior temperatura localizada em relação às áreas circundantes e as chuvas orográficas formadas pela ascensão de fluxos de ar pela presença de barreiras de relevo. Os processos erosivos desencadeados pelas chuvas estão associados a diversos fatores influentes, sendo que esses fatores constituem-se desde a intensidade e magnitude da chuva assim como o uso do solo e declividade das encostas, ou seja, fatores ambientais que a chuva encontra ao chegar à superfície.

Para Coelho Neto (2001) a natureza da cobertura vegetal (tipo, forma, densidade e declividade da superfície) junto com as características físicas da chuva, é que vão determinar o processo de interceptação. Antes da água chegar ao solo parte dela, ou toda, fica retida nos diversos estratos arbóreos e arbustivos, e também na serrapilheira. O que fica retido nas copas é posteriormente drenado para a superfície ou evapora. Parte do que chega à serrapilheira – matéria orgânica decomposta, que ocorre no topo dos solos, formada a partir de restos de folhas, sementes, frutos, galhos e restos de animais que vivem nas áreas florestais (Guerra & Guerra, 2003) – fica retido, causando um armazenamento de água, e somente após passar por todos esses obstáculos é que a água precipitada chega ao solo.

Existem dois modos de a água chegar à superfície, através do atravessamento pelas copas e pelo fluxo de tronco. O atravessamento pela copas se dá pela água que consegue passar por todo os obstáculos formados pelos estratos florestais e serrapilheira, sendo que estudos nos mostram que quanto maior a densidade de vegetação menor será o total de atravessamento, e que quanto maior a precipitação total maior o nível de atravessamento.

O fluxo de tronco é a água que drena através das copas e galhos das arvores e se convergem para o tronco , criando um elevado fluxo de água. A intensidade desse fluxos vai depender da intensidade da chuva e também da arquitetura das copas das arvores. Em estudos na floresta do maciço da pedra branca.

Após o contato da água com o solo, essa começa a infiltrar. O termo infiltração, proposto por Horton (1933), expressa a água que molha ou que é absorvida pelo solo, assim, duas forças devem ser consideradas no entendimento de infiltração no meio poroso: a atração capilar e a força gravitacional. Enquanto a força gravitacional direciona a água verticalmente no perfil do solo, a força capilar impulsiona a água em todas as direções, especialmente para cima (Coelho Netto, 2001).

As duas forças descritas acima são formadas a partir de diferentes granulometrias e causando diferentes porosidades. A granulometria é a diferença em diâmetro dos grãos do solo, sendo classificadas por Atterberg da seguinte maneira: Matacão >200,0mm; Cascalho grosseiro 200,0 a 20,0mm; Cascalho fino 20,0 a 2,0mm; Areia grossa 2,0 a 0,2mm; Areia fina 0,2 a 0,02mm; Silte 0,02 a 0,002mm; Argila < 0,002 (Guerra & Guerra, 2003). Cada tipo de granulometria possui diferentes espaços entre os grãos, sendo esses espaços denominados de porosidade. Para Curi (1993), a porosidade do solo corresponde ao volume do solo não ocupado por partículas sólidas, incluindo todo o espaço poroso ocupado pelo ar e água.

A porosidade ainda pode ser dividida em macroporosidade e microporosidade. A primeira sofre influência da força da gravidade e a segunda da força capilar, ou capilaridade, definida como “a tensão exercida nas paredes de tubos de pequeno diâmetro (tubos capilares) quando em contato com líquidos e que é direcionada para cima”(Coelho Neto, 2001). Em áreas com domínio de macroporos a infiltração é melhor executada, enquanto que sob domínio de microporos não há movimentação de água, criando uma área de descontinuidade hidráulica. Sendo assim, macroporos aumentam a permeabilidade dos solos e microporos diminuem, sendo permeabilidade para Guerra & Guerra (2003), “a capacidade que possuem certas rochas e solos de transmitir a água pelos poros ou interstícios, sendo expressa pela quantidade de água que passa por uma secção em uma unidade de tempo, segundo um gradiente hidráulico”. Apenas a condição de saturação permite a circulação da água em subsuperfície pelos microporos até atingir o lençol.

Uma vez a água percolada pelos horizontes superficiais do solo, ocorre seu acúmulo e/ou sua movimentação em subsuperfície. Os fluxos subsuperficiais são influenciados por todos os elementos apresentados acima, sendo que eles podem acontecer tanto verticalmente, quanto diagonalmente, dependendo da orientação do relevo e de diferentes camadas estratigráficas. Quando ocorrem na diagonal, normalmente seguem alguma estrutura estratigráfica dada pela evolução pedogenética e também pela presença de camadas sedimentares transportadas e depositadas por movimentos de massa, esse fenômeno acontece principalmente em regiões montanhosas.

Acima da zona saturada - região de concentração de água subterrânea - está a franja capilar, onde predomina a atração capilar. A água que chega a essa franja sofre a ação da força e eleva-se no perfil do solo pouco acima do lençol, a qual segundo Coelho Neto (2001), é definida como a parte superior da zona subterrânea saturada.

De acordo com a estruturação geológica e pedológica, esses fluxos subsuperficiais e superficiais alimentam um canal fluvial. Quando a bacia hidrográfica está com os solos protegidos e a vegetação bem conservada, os problemas ligados à erosão e falta d'água serão poucos, já que o escoamento superficial será pequeno, a infiltração grande, aumentando a reserva d'água subterrânea que alimentará o canal gradativamente ao longo do tempo, mesmo nas épocas de estiagem. Quando existe falta de vegetação protegendo o solo, este é erodido tornando-o de difícil permeabilidade e aumentando o escoamento superficial, assim o canal passará a ter problemas de grandes elevações do nível fluvial durante eventos extremos de precipitação e baixa de nível, durante estiagens de chuva.

A partir do *input* ou da entrada de energia do sistema da bacia de drenagem, pela chuva, são desencadeados processos hidrológicos, que, por sua vez, poderão detonar processos erosivos. Esses processos são responsáveis pelas formas esculpidas no relevo.

O desenvolvimento do pensamento geomorfológico busca o entendimento dos processos de modelagem do relevo desde seus primeiros autores. Davis (*in* Bigarella, *et al*, 1965) dava pouca importância aos processos e se preocupava mais em descrever as encostas. Segundo ele, a diferença entre a evolução de uma encosta localizada numa região de clima árido e outra úmido, é que “no clima úmido, seu ângulo sofreria diminuição com o desenvolvimento do ciclo, enquanto no clima árido a vertente preservaria sua inclinação original”.

Penck (1956 *in* Bigarella, *et al*, 1965) acreditava que a evolução das encostas estava ligada à interação de fatores agindo em conjunto, assim ele criou 3 modelos de desenvolvimento: o desenvolvimento convexo (*waxing development*), quando o levantamento se opera mais rápido do que a denudação, criando perfis convexos; desenvolvimento estacionário (*uniform development*), o levantamento se dá na mesma velocidade da denudação, formando um recuo paralelo e retilíneo das encostas; desenvolvimento côncavo (*waning development*), denudação mais rápida que o levantamento, com perfis côncavos. Esse modelo foi uma evolução em relação ao de Davis mas se mostra muito teórico e dedutivo com difícil aplicação prática.

King (1957 *in* Bigarella, *et al*, 1965) tinha como base de suas idéias que “os condicionantes físicos da evolução da paisagem são os mesmos sob todos os climas” e também criou um modelo de encosta. O seu modelo de encosta ideal é formado de cima para baixo por uma secção convexa no topo da encosta, uma face nua (*free face*) com um

alto grau de inclinação, seção detrítica formada por talus que caem da encosta, e uma grande área de pedimento. O seu maior erro foi em afirmar que o clima teria pouca influência no desenvolvimento das encostas, já que segundo Bigarella, Mousinho, Silva, entre outros, de acordo com o clima predominante a encosta terá uma condição morfogenética dominante.

Até a segunda metade do século XX os estudos em geomorfologia estavam diretamente influenciados pelo modelo de Davis. Desde então, houve um retorno ao estudo da geomorfologia através dos processos, criado por Gilbert no século XIX.

Os colúvios, que são depósitos de encostas, são formados em recorrência de processos erosivos sobre o regolito, profundamente alterado, que se instabiliza com freqüência, sendo possível gerar sucessivas camadas superpostas de materiais colúviais posteriormente pedogeneizado (Moura, et. al, 2001)

Para Meis e Moura (1984, in Moura, 2001), variações dos níveis de base das encostas e/ou variações paleo-hidrologicas seriam os fatores responsáveis pela natureza descontínua dos processos de encosta, espelhados nos sucessivos retrabalhamentos colúviais (Moura, et. al, 2001)

Assim, os processos evolutivos nas cabeceiras das encostas do Sudeste do Brasil, causaram, dada diferenças estruturais geológicas, a formação de duas feições geomorfológicas: *hollows* (cocavidades) e *noses* (interflúvios).

Essas concavidades são pequenos vales não canalizados, sendo os primeiros formadores da rede de drenagem, composta por diferentes segmentos geométricos. A classificação proposta Hack e Goodlet (1960) e Hack (1965), segundo Moura (2001) é que a área dos interflúvios, cujos contornos são convexos em planta e perfil, é definida como *nose* (saliência); a zona de contornos aproximadamente retilíneos em planta e perfil existente entre o segmento convexo e o fundo do vale é denominada *side slope* (encosta lateral); a parte central da cabeceira de drenagem, ou qualquer outra área da encosta, cujos contornos são côncavos em planta e perfil é definida como *hollow* (reentrância).

Os processos de escoamento de água e transporte de sedimentos são condicionados pelas formas geométricas das encostas. As áreas côncavas convergem fluxos superficiais e subsuperficiais de água, saturando-o, criando também um aumento dos fluxos superficiais de saturação, onde possivelmente podem ocorrer rupturas, atuando, desta maneira, na convergência de materiais intemperizados e pedogeneizado.

Sendo assim o registro estratigráfico preserva, de maneira menos subjetiva, informações a respeito da história erosiva e deposicional, configurando o instrumento

material à interpretação da seqüência evolutiva e a extensão temporal dos dados obtidos nas análises de sistemas físicos tais como: processos taxas e respostas (Moura, 2001).

A partir da evolução do conceito de rampa de colúvio por Meis (1984, in Moura 2001), as rampas de colúvio são definidas como formas côncavas para cima presentes em fundos de vales e baixas encostas constituídas por segmentos deposicionais, proveniente da erosão das encostas, e erosivos, que se interdigitam e /ou recobrem depósitos aluviais quaternários na região sudeste do Brasil, sendo que os processos erosivos e deposicionais acontecem simultaneamente.

Segundo Meis e Monteiro (1979, in Moura, 2001), Uma rampa ideal é constituída por: rampa superior (segmento de erosão), rampa média (segmento de transição) e rampa inferior (segmento de deposição)

A recorrência dos processos da rampa de colúvio produz os complexos de rampas de colúvio, sendo seu conceito: ambientes formados a partir de sucessivos episódios de colúviação convergentes em direção ao eixo das paleo depressões do relevo, envolvendo retrabalhamentos parciais dos colúvios mais antigos e o reafeiçoamento da topografia (Meis e Moura, 1984, in Moura, 2001). A sua dinâmica de evolução é atribuída às variações paleo-hidrológicas e de nível de base.

Sparks (1986) destaca que ambientes onde o nível de base está em processo de agradação, estará produzindo pequenas alterações na morfologia, enquanto que níveis de base em processo de degradação promovem o reafeiçoamento total das formas do relevo (Moura, et. al, 2001).

Para Meis e Moura (1984, in Moura, 2001), a articulação da geometria de superfície com as das unidades deposicionais de substrato, numa perspectiva tridimensional, possibilita a identificação de variações temporais e espaciais no direcionamento destes retrabalhamentos caracterizando a evolução plurixial dos complexos de rampa.

Assim, estudos sobre a evolução do relevo são de grande importância para o entendimento hidrológico e geomorfológico, inclusive quando se trata de locais próximos de zonas urbanas, como é o caso do Maciço da Pedra Branca, uma vez que se pode orientar melhor a população sobre quais os lugares mais adequados para a ocupação, a partir de um zoneamento.

## **2- Objetivos**

Objetivo geral:

Analisar o comportamento hidrológico e geomorfológico de uma bacia de drenagem montanhosa sob a atuação de diferentes usos (floresta, pastagem e residencial), com base em elementos físicos do solo, evolução das encostas e influência da ocupação antrópica.

Objetivos específicos:

- 1) Determinar a porosidade do solo em diferentes usos: floresta e pastagem.
- 2) Determinar a capacidade de infiltração do solo nos diferentes usos: floresta e pastagem.
- 3) Avaliar a influência da expansão urbana no entorno da bacia e no seu interior.
- 4) Identificar os processos de evolução das encostas a partir de perfis estratigráficos.

### **3- Área de Estudo**

A área de estudo se localiza no Maciço da Pedra Branca, que possui 12.500 hectares de extensão, sendo considerada a maior floresta urbana do mundo e onde se encontra o ponto de maior altitude do Município do Rio de Janeiro. Do ponto de vista geomorfológico, essa região caracteriza-se pela predominância de rochas graníticas, pertencentes ao batólito da Pedra Branca, na sua área central e, na sua formação leste e nordeste, se destacam as ocorrências de gnaisses. Outro aspecto relevante, relativo à geologia, são os inúmeros diques de rochas básicas dispersos pelo maciço e, sobretudo, as fraturas extensionais que têm papel central na definição da rede de canais fluviais.

Dentro do maciço, a bacia hidrográfica Rio Caçambê foi o local escolhido para a presente pesquisa, já que nele são realizados, pelo Departamento de Geografia e Meio Ambiente da PUC-Rio, muitos estudos envolvendo florística e estrutura da vegetação local, além da análise de poluentes atmosféricos. Portanto a presente pesquisa em geomorfologia tem o intuito de complementar o conhecimento sobre a área, entendendo a dinâmica de sua paisagem.

Essa bacia se encontra na vertente leste com a saída do canal voltada para o sul. Isso influencia na radiação solar recebida e no aumento da umidade, condicionando, portanto, a dinâmica climática local que reflete sobre a vegetação e a hidrologia das encostas. A maior parte da bacia é dominada por vegetação densa da Mata Atlântica, de aproximadamente 30 anos de sucessão ecológica. Existe uma significativa extensão de área destinada à pastagem, além do uso para condomínio residencial, que ocupa, sobretudo, os eixos de drenagem.



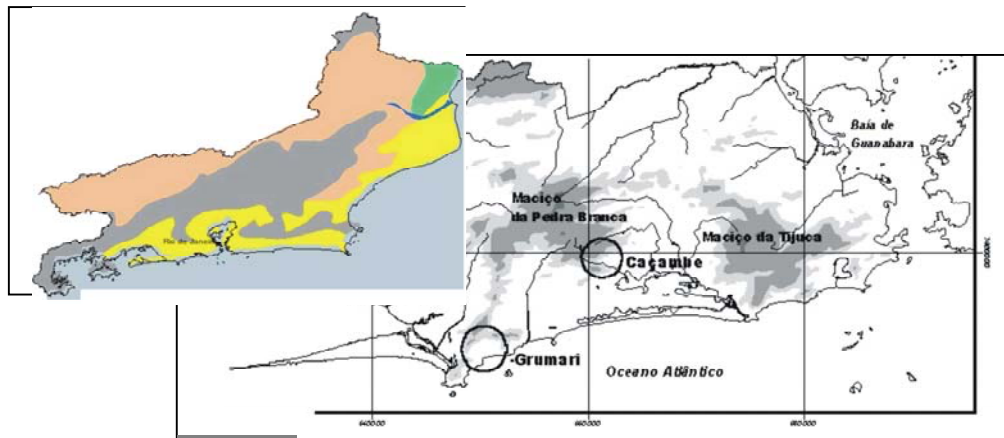


Figura 1 – Localização da área de estudo

#### 4- Metodologia

Neste trabalho foram usadas quatro etapas como base da pesquisa: mapas de uso do solo da bacia do rio Caçambê dos anos de 1975 e 2000, porosidade do solo, capacidade de infiltração do solo e análise estratigráfica.

Os mapas de uso do solo foram feitos a partir da carta topográfica na escala 1:10.000, adquirida no setor de cartografia do Instituto Pereira Passos (IPP) da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, na qual foi delimitada a bacia do rio Caçambê. A partir de fotos aéreas, também do IPP, dos anos mencionados, foi feita a foto-interpretação através do uso de estereoscópios e as informações passadas para o mapa topográfico.

A análise da porosidade do solo foi feita através de coletas de amostras de solo em seis locais diferentes em cada área, pasto e floresta, sendo que em cada local foram coletadas amostras em três profundidades do solo: no topo do solo (0 cm de profundidade), 20 cm de profundidade (na zona de raízes das gramíneas) e outra a 40 cm de profundidade (abaixo da zona de raízes). Estas amostras foram feitas com o coletor de amostras volumétricas indeformadas. Depois elas foram levadas ao laboratório de ecologia da PUC-Rio, onde foram processadas, segundo método da EMBRAPA 1996, e achadas as densidades real e aparente para cálculo de porosidade total.

A capacidade de infiltração foi analisada pelo método do infiltrômetro de Hills, segundo EMBRAPA 1996, onde, a partir de um tubo de PVC com diâmetro de 15cm e uma régua, para manter por um minuto uma coluna de água 5 cm acima da base do solo, mede-se o tempo com que 1 litro de água infiltra no solo num determinado volume. Segundo Morgan (1986), a taxa de infiltração é o índice que mede a velocidade com que a água da chuva se infiltra no solo e para Guerra (2001) a capacidade de infiltração é a taxa máxima que o solo pode absorver.

A estratigrafia foi feita em cortes de estrada ou de terrenos, onde foram medidas as alturas e analisadas mudanças no perfil de solo que pudessem caracterizar camadas de deposição de movimentos de massa ou outras evidências dos processos de evolução das encostas. Das camadas identificadas pelas mudanças abruptas do perfil foram retiradas amostras, e depois levadas ao laboratório de ecologia da PUC-Rio para serem processadas e determinadas suas granulometrias.

Para caracterizar as seções estratigráficas foram elaborados desenhos esquemáticos, no momento das coletas, mostrando as alturas e espessuras de cada pacote coluvial diferente. Esses desenhos foram refeitos em papéis milimetrados, a fim de manter as proporções reais, e se ter uma expressão dos processos de deposição de sedimentos nos complexos de rampa de colúvio.

## **5- Resultados**

A evolução de ocupação do município do Rio de Janeiro esteve sempre relacionada aos seus aspectos fisiográficos, sendo assim se desenvolveu sobre as planícies litorâneas, no entorno de maciços montanhosos e conseqüentemente sobre suas encostas. Este último sítio geomorfológico – encostas – foi a primeira alternativa de fuga dos sistemas alagados, sendo ocupado tanto para moradia, quanto para cultivos agrícolas.

Por estar mais próximo ao centro urbano, o Maciço da Tijuca foi o primeiro a sofrer intervenções pelos colonizadores europeus, enquanto que os outros Maciços – Gericinó e Pedra Branca - permaneceram com seu entorno dominado pela atividade rural. Ainda hoje podem ser encontrados remanescentes de antigas roças e áreas de pastagem, como é o caso da área estudada.

Mesmo não sendo datada a retirada da vegetação do Maciço da Pedra Branca, é possível afirmar que ela se deu para o desenvolvimento econômico e de subsistência a partir da atividade agro-pastoril. Segundo Galvão (1957), no período colonial instalou-se na região um engenho de açúcar pertencente aos monges beneditinos, que praticavam a monocultura, contribuindo para o desgaste do solo, a diminuição da biodiversidade e a retirada da vegetação original. A propriedade, denominada Fazenda da Vargem Grande, direcionava pequenas porções de terra tanto para o abastecimento do próprio convento quanto para arrendamento a pequenos produtores. No final do século XIX foi vendida e novos engenhos se instalaram. Assim, como muitos outros empreendimentos semelhantes, veio a falir e o banco financiador ficou com as terras, e voltou a arrendar pequenas glebas.

Tendo em mente que as atividades agrícolas estavam submetidas a um projeto político monocultor agro-exportador, o Maciço da Pedra Branca também foi utilizado pelos

produtores de café, deixando rastros dessa atividade até os dias de hoje nos remanescentes florestais.

Uma outra atividade econômica que deu uma grande contribuição na retirada da floresta no Maciço da Pedra Branca, foi a retirada de lenha e carvão para o abastecimento urbano e industrial. Essa atividade ocorreu nas décadas de 1940 a 1960 sendo que a extração desses produtos ocorria em áreas elevadas, onde não havia sítiantes, possibilitando a retirada de vegetação das encostas. (Galvão, 1957)

Após o fim dos grandes ciclos econômicos se deu, nas regiões que circundavam o Maciço, o desenvolvimento de uma agricultura de subsistência em pequenas propriedades. A partir disso começou-se a criar pontos de comercialização da produção excedente reunindo-os na base das encostas, ou vargem. (Galvão, 1957)

Então esses sítiantes que produziam somente o necessário para a sua subsistência começaram a perceber que era mais vantajoso a produção para a comercialização em feiras onde podiam trocá-las por dinheiro e assim comprar produtos já prontos e não precisariam mais, por exemplo, fazer a farinha, poupando-lhes tempo e trabalho. (Galvão, 1957)

Com crescimento desse intercâmbio, criou-se, na área urbana do município, uma dependência desses produtos. Segundo Bernardes (1992), “nas pequenas propriedades onde é praticado o roçado, os principais produtos da serra comercializados são a banana, a laranja, o chuchu, o mamão e as hortaliças tuberosas. A escolha de tais produtos não é aleatória, mas justificada pelo transporte, realizado em lombo de mulas e burros, o que torna delicado para produtos menos resistentes descerem a serra e alcançar os mercados. Isso não implica dizer que eram esses os únicos produtos cultivados no maciço, nas áreas mais baixas, por exemplo, encontrava-se aipim, milho, batata doce, berinjela e alface, dentre outros. Mesmo nas propriedades das encostas havia uma produção destinada à alimentação dos produtores e de animais, eventualmente criados nas propriedades, como aves e burros. No caso de haver um pequeno estábulo, os excrementos dos animais eram aproveitados pelos lavradores para adubar a terra e incrementar o solo, proporcionando uma melhor lavoura”.

Uma outra característica geomorfológica que influi na produção nas encostas é a orientação do relevo. Assim dependendo para onde a encosta está voltada serão produzidos diferentes elementos. Então encostas voltadas para o norte – “soalheira” – favorecem o cultivo de culturas adaptadas à baixa umidade e maior insolação, como é o caso da laranja e mandioca, enquanto que as encostas voltadas para o sul – “noruega” – se cultivam a banana, por exemplo, que necessita de maior umidade.

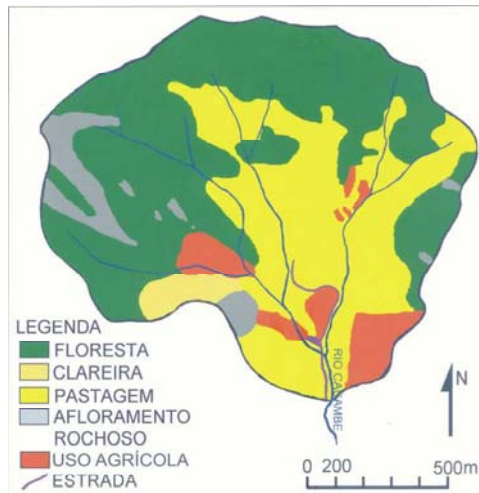
Bernardes (1992), ainda explicita ao descaso dessas culturas com a conservação do solo, e nos mostra a falta de preocupação com a erosão, quando cita, “é realmente impressionante a falta de noção dos efeitos da erosão por parte desses lavradores. As impetuosas enxurradas encontram nas práticas usualmente empregadas o seu melhor aliado.”

O presente estudo se propôs a elaborar dois mapas de uso do solo em diferentes anos – 1975 e 2000 – com o intuito compreender a evolução da paisagem produzida pelo processo de ocupação da bacia do rio Caçambê. No primeiro mapa – 1975 – pode-se observar um caráter agro-pastoril na região, que tomava quase toda a área da bacia remanescente, ainda, do papel de fornecedor de alimentos para o centro urbano, característica do maciço. Esta produção era direcionada (e ainda hoje é assim) para feiras livres da cidade. A área florestada estava restrita às encostas mais íngremes, de difícil acesso e no entorno das redes de drenagem, com o intuito de conservar os mananciais de água. A ocupação urbana era inexistente, o que prova a função rural deste ambiente nesse momento histórico.

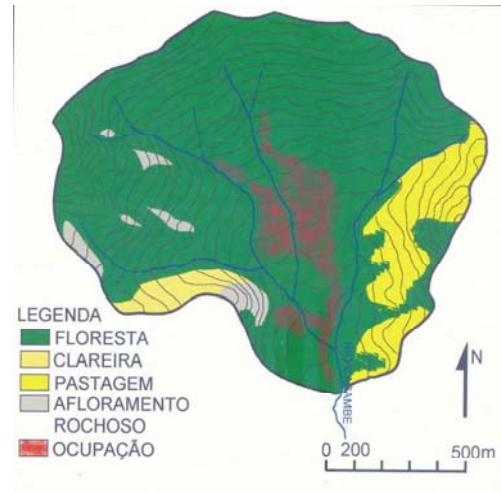
No mapa do ano 2000, nota-se, diferentemente de outras localidades, o aumento de área florestal sobre a antiga agro-pastoril. Nesse caso, a ocupação urbana teve um efeito diverso, promovendo uma expansão da área florestada. Isso se explica pelo fato de que a população residente buscou um local onde pudesse “retornar às origens (natureza)”, ilustrando uma corrente romântica de melhoria na qualidade de vida. Para Diegues (2000), essa noção de *wilderness* (selvagem) está marcada pelo romantismo e pela valorização do belo e do estético que surge com a idéia de paisagem na Europa do século XVIII. Com isso, houve uma apropriação dessa “idéia” pelo mercado, que promoveu uma valorização imobiliária de áreas próximas a ambientes preservados, elitizando-as e, de certa forma, contendo a expansão maciça da malha urbana sobre as encostas da bacia do rio Caçambê. Neste sentido, a natureza, manifesta na forma do retorno da floresta, passa a ser item de valorização dos empreendimentos imobiliários.

A ocupação nos mapas demonstra o processo de construção da paisagem, baseado na passagem de grupos sociais, com objetivos e imaginários distintos. Se num primeiro momento a produção objetivava o mercado urbano, a natureza era vista como fonte de recursos e a floresta, até como impedimento à produção. A perda de mercado para os produtos de outros estados, como São Paulo e Espírito Santo, fez com que a atividade agrícola local entrasse em abandono, sendo seguida do processo de expansão urbana. Esta expansão traz consigo o imaginário urbano em busca das porções da “natureza intocada”, que, para Diegues (2000), se inicia com a revolução industrial, quando as cidades fabris tornam o ambiente desagradável. “A vida no campo passou a ser idealizada sobretudo pelas classes sociais não diretamente envolvidas na produção agrícola. O crescimento

populacional, principalmente nas cidades inglesas, teria originado um certo sentimento anti-social ou antiagregativo, originado uma atitude de contemplação da natureza selvagem, lugar de reflexão e isolamento espiritual” (Diegues 2000). Esta modificação no uso do solo, gera mudanças nos comportamentos hidrológicos das encostas.



Mapa de uso do solo - 1975



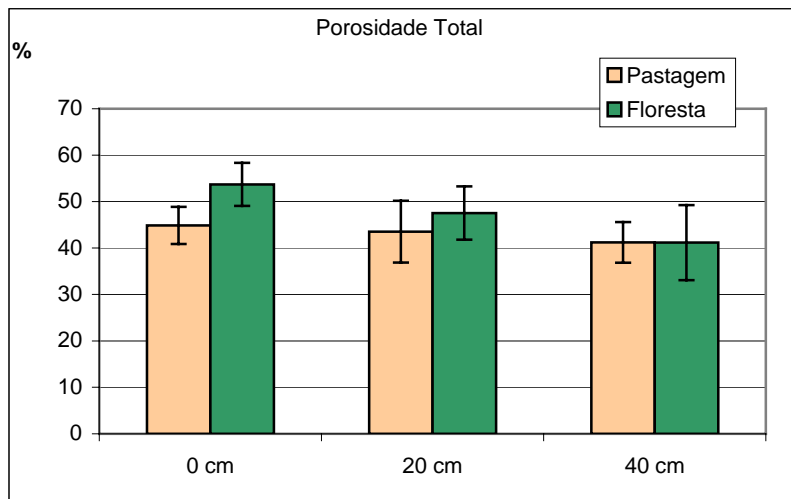
Mapa de uso do solo - 2000

Como já foi dito antes, a hidrologia florestal é caracterizada pelo processo de interceptação, que acaba por proteger o solo das precipitações. Assim, antes de a chuva chegar ao topo do solo, ela tem de passar por todos os estratos arbóreos e arbustivos, além da serrapilheira, diminuindo a energia e a quantidade de água que chega ao solo, favorecendo a infiltração da água.

Com a retirada da vegetação para a agricultura o processo hidrológico se modifica, já que se tem o impacto direto da gota de chuva sobre o solo (splash). O splash acaba por modificar a estrutura da camada superficial do solo, por que promove a separação dos agregados do solo – mistura de substâncias, que podem ser separadas por meios mecânicos, sendo compostos de partículas orgânicas e inorgânicas (areias, siltes e argilas) (Guerra & Guerra, 2003) - diminuindo os espaços entre os grãos e conseqüentemente diminuindo a capacidade de infiltração. Esse processo também cria um aumento do escoamento superficial da água da chuva, já que a capacidade de infiltração diminui, havendo tanto a lixiviação – retirando os nutrientes - quanto a erosão dos solos – transporte de grãos.

Os solos são fundamentalmente alterados com as modificações do uso. Neste sentido foram investigados os parâmetros relativos ao processo de geração de escoamento superficial: porosidade e infiltração. Comparando a floresta local e a pastagem, podemos observar a relação pedologia/hidrologia nos solos da bacia hidrográfica do rio Caçambê.

Foram escolhidos esses dois parâmetros por apresentarem uma inter-relação direta, tendo a porosidade total como a quantidade, em porcentagem, de poros que existem no solo e a capacidade de infiltração, a velocidade, em mm/s, com que a água infiltra no solo. A relação entre os parâmetros é direta, de forma que, quanto maior a porosidade, maior será a capacidade de infiltração do solo.



No Gráfico da figura 2 podemos ver os resultados de porosidade media total de todas as amostras, separadas por profundidade e área, sendo os valores medidos em porcentagem(%).

Figura 2: Variação da porosidade total nas profundidades de solo (0,20 e 40cm) nos usos: pastagem e floresta.

No gráfico da figura 2, podemos observar um comportamento parecido para ambas as áreas (pastagem e floresta), onde, a porosidade diminui com a profundidade. Isto é um comportamento esperado, pois nas partes mais superficiais há uma prevalência de materiais mais grosseiros, causando um maior espaço entre os grãos, associado ao carreamento do material mais fino pela água da chuva, para a maior profundidade, que, por sua vez, apresenta menor porosidade com os espaços entre os grãos mais preenchidos de material fino.

Ainda que tenham o mesmo comportamento, no sentido de diminuírem com a profundidade, os valores absolutos de porosidade total sofrem uma grande diferenciação entre as duas áreas nas duas primeiras profundidades. Os valores do topo do solo (0cm) nos mostram uma diferença de quase 10% (Floresta-53.7 e Pastagem-44.9), isso mostra que a Floresta tem uma potencialidade de captação da água que chega ao solo muito maior do que no pasto. Isso pode ser explicado por vários fatores: a falta de vegetação de diferentes estratos arbóreos acaba por não impedir o impacto das gotas de chuva diretamente ao solo, causando a quebra dos agregados do solo pelo *splash*, diminuindo os

espaços entre os grãos e facilitando o carreamento dos materiais mais finos. Soma-se ainda a influência da vegetação na pastagem, que acaba não proporcionando um sistema radicular a ponto de aumentar a absorção do sistema.

A baixa presença de poros na pastagem (topo do solo) evidencia ainda a baixa ocorrência de uma fauna endopedônica que é um dos principais agente na criação de poros, já que eles criam canais de circulação e ainda fornecem uma elevada inserção de matéria orgânica e de nutrientes ao solo. Ressalta-se ainda o pisoteio do gado no processo de compactação do solo, que cria um adensamento de grãos na camada superficial.

Na faixa de 20 cm ainda pode-se observar uma menor diferença entre Floresta (47.5) e Pastagem (43.5), isso ainda representa a falta de vegetação, a pouca ou nenhuma existência da fauna endopedônica e principalmente a falta de um sistema radicular mais complexo, como o da floresta.

Na profundidade de 40 cm, os valores de ambas as áreas se igualam dada a maior presença de uma granulometria mais fina, composta por materiais que foram lixiviados – processo que sofrem as rochas e solos, ao serem lavados pelas águas das chuvas (Guerra & Guerra, 2003) - e carreados verticalmente. No entanto, esta característica pode estar associada ao próprio processo pedogenético formador dos horizontes deste solo, tendo esta profundidade mais compactada, ou pela lixiviação, como colocado, ou por processos de coluviamento. Outro aspecto, ainda a ser considerado, é o fato de que este horizonte mais compactado seja resultante do manejo agrícola dos anos anteriores que revolveu a camada superficial do solo, deixando o horizonte imediatamente abaixo compactado e que esses 30 anos de regeneração florestal não foram capazes de influenciar mudanças na porosidade nessa profundidade. Vale observarmos que a diferença entre macroporosidade e microporosidade ainda não foi levantada e que possivelmente a partir dela chegaríamos a uma diferenciação do comportamento hidrológico deste horizonte.

A porosidade do solo está diretamente relacionada à capacidade de infiltração, que é dada pela velocidade com que a água infiltra no solo, tendo uma relação direta com a granulometria. O resultado do levantamento da capacidade de infiltração dos solos de pastagem e floresta local pode ser visto no gráfico da figura 3:

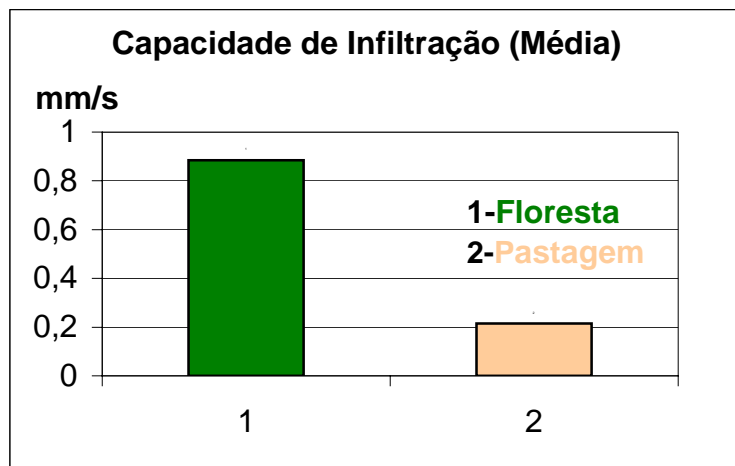


Figura 3: Variação da capacidade de infiltração nos usos: pastagem e floresta.

Como pode ser visualizado neste gráfico (figura 3), a capacidade de infiltração média sofre uma grande redução quando se faz a comparação entre floresta e pastagem. Essa mesma distorção pode ser vista no gráfico da figura 2, também no topo do solo, quando analisamos a porosidade total. Assim podemos entender que a capacidade de infiltração sofre influências diretas dessa propriedade física do solo que é a porosidade.

Em média a capacidade de infiltração na floresta é em torno de quatro vezes maior do que na pastagem e é também onde a porosidade média tem a maior diferença entre as áreas. Enquanto na floresta a capacidade de infiltração é de 0,88 mm/s a da pastagem é de apenas 0,21 mm/s, isso nos mostra que o topo do solo na floresta é capaz de absorver uma quantidade de chuva quatro vezes maior que o solo da pastagem. Essa pouca capacidade de infiltração da pastagem provoca comparativamente maiores valores de escoamento superficial, quando a precipitação excede a capacidade de infiltração (Horton 1933). A água que não é absorvida pelo solo e escoar diretamente para o canal fluvial, passa a não alimentar aquíferos e lençóis freáticos que possam existir na área, perdendo potencial de armazenamento para uso futuro, além de contribuir negativamente para um melhor regime fluvial da bacia.

O topo do solo, muito importante por ser a primeira a receber os fluxos da precipitação é essencial para o bom funcionamento de todo o processo que a água sofre e causa durante a percolação no solo até o seu confinamento ou exfiltração, sofre a compactação pelo uso de pastagem, deixando, pelo processo erosivo, o solo cada vez mais degradado. Ressalta-se que a sucessão ecológica, que poderia estar regenerando o topo do solo, é prejudicada pelas sucessivas queimadas, que perpetuam o ambiente de pastagem, mantendo contribuições de escoamento superficial ao regime hidrológico da Bacia.



Este comportamento não é desejado para o ambiente urbano que se expande em torno do Maciço da Pedra Branca, uma vez que contribui para o assoreamento dos canais e para enchentes nas baixadas adjacentes a estas bacias.

Soma-se ao comportamento hidrológico desta bacia, processos geomorfológicos, que ocorrem em escalas temporais maiores, relacionadas com o tempo geológico, que dizem respeito à evolução das vertentes desta bacia.

A característica dos materiais, que compõe os solos da bacia está associada ao processo de evolução do relevo e da dinâmica de suas encostas. Para o entendimento desses processos, vale ressaltar o trabalho sobre os complexos de rampa, elaborado por Meis (1985), onde a autora define geometrias de encostas com dinâmicas erosivas e deposicionais específicas do processo de recuo e evolução de vertentes. Os complexos de rampa são ambientes formados a partir de sucessivos episódios de colúviação convergentes em direção ao eixo das paleo-depressões do relevo, envolvendo trabalhos parciais dos colúvios mais antigos e o reafeiçoamento da topografia. (Meis e Moura, 1984, in Moura, 2001). Assim formam depósitos associados aos deslizamentos ocorridos nas porções erosivas da encostas. Na bacia do rio Caçambê, apesar das estruturas em pontões rochosos e de um relevo mais acidentado que as formas descritas pelas autoras supracitadas, pode-se considerar seu funcionamento geomorfológico semelhante. O que as distingue é a intensidade dos processos erosivos, à medida que no Caçambe a energia de transporte dos sedimentos é aumentada pela altura e declividade do seu relevo, quando comparada ao ambiente de colinas estudado por Meis e Moura (1984, in Moura, 2001). No entanto, a forma conchoidal da bacia garante a convergência dos depósitos para o eixo da concavidade principal e a sucessão de episódios de movimentos de massa em suas encostas define uma estratigrafia caracterizada pelos sucessivos coluviamentos e seus retrabalhamentos. Vale ressaltar que pela característica do relevo, muitas vezes, estas as rampas de colúvio envolvem blocos rochosos (matacões) em sua composição.

Isto foi levantado e está descrito em 3 seções estratigráficas, sendo cada uma localizada em diferentes situações topográficas dentro da bacia. A primeira seção (seção I) está localizada próxima de um eixo de drenagem na média encosta da porção oeste da Bacia, a segunda (seção II) foi feita também na faixa oeste, mas na alta encosta, e a terceira (seção III) na área central da bacia, num corte da encosta feito para a construção de uma residência, sendo localizada na média-baixa encosta.

Na primeira seção foram encontradas 3 camadas diferentes, tendo sua representação na figura 4 e suas constituições granulométricas mostradas no gráfico da figura 5, a seguir:

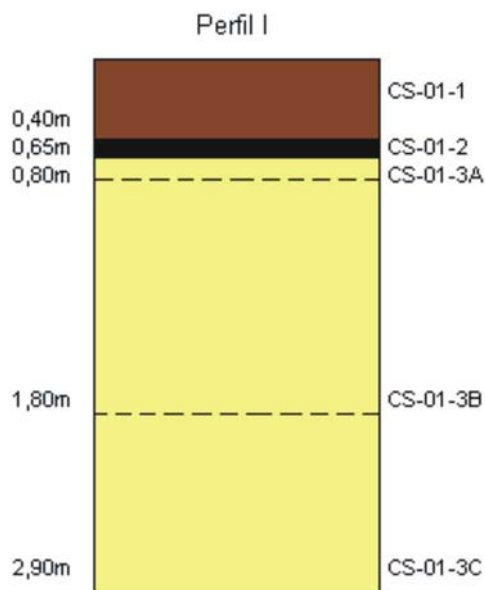


Figura 4: desenho esquemático da seção estratigráfica I.

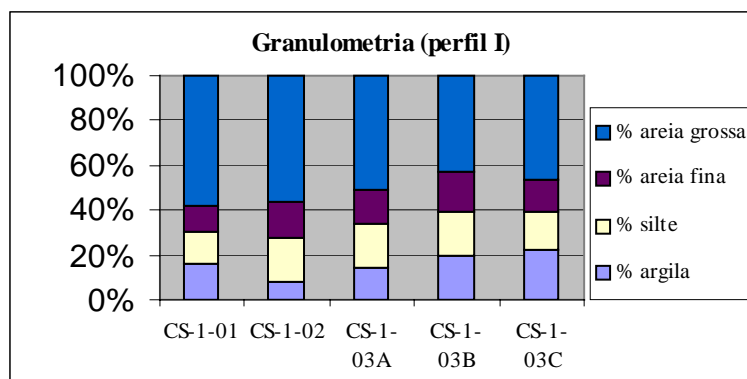


Figura 5: granulometria das camadas da seção estratigráfica I.

CS-01-1) colúvio mais superficial, horizonte A, com características de material orgânico, com espessura de 40cm.

CS-01-2) colúvio com coloração bem escura, criando uma descontinuidade abrupta no perfil, sendo sua espessura em torno de 25cm.

CS-01-3 A/ CS-01-3 B/ CS-01-3 C) foram retiradas três amostra na mesma camada, por esta possuir uma grande espessura (2,00m).

A granulometria dos perfis nos mostra uma grande porcentagem de areia grossa em todas as amostras coletadas, em torno de 50%, sendo que em algumas alturas esse valor foi ultrapassado. A presença marcante desse material mais grosseiro nos mostra um trabalho pouco avançado dos solos, ou uma lavagem exagerada dos grãos mais finos nos colúvios – CS-01-1e CS-01-2. As outras três amostras estão associadas aos solos residuais apresentando os menores índices de areia grossa.

Ainda nessa seção, existe a possibilidade de a amostra CS-01-2 ser um indicio da prática de retirada de madeira e produção de carvão que ocorreu nessa área até o final da década de 70, mais para se ter um diagnóstico mais preciso seria necessário fazer uma datação e análise mineralógica do material.

O desenho esquemático da seção II (figura 6) e gráfico de sua análise granulométrica (figura 7) demonstram a homogeneidade do material, caracterizando o solo na alta encosta da bacia. Esta seção representa o material parental no setor eluvial da encosta, de onde os movimentos de massa retiram o regolito. Trata-se, portanto do solo residual, produto direto do intemperismo, não sendo identificada nenhuma cobertura coluvial sobre o mesmo.

Desta seção II foram retiradas duas amostras por sua localização, alta encosta, dentro da bacia, sendo as amostras as seguintes: CS-02-1 e CS-02-2. A primeira amostra foi retirada a 30 cm de profundidade, sendo a sua constituição com um alto índice das frações silte e argila. Essa característica, com grande presença de grãos finos, nos mostra uma baixa movimentação vertical destes materiais. A segunda amostra apresenta uma distribuição relativamente mais homogênea dos grãos, onde as que mais ocorrem são a fração areia grossa e argila, já indicando a proximidade com as camadas menos alteradas do regolito.

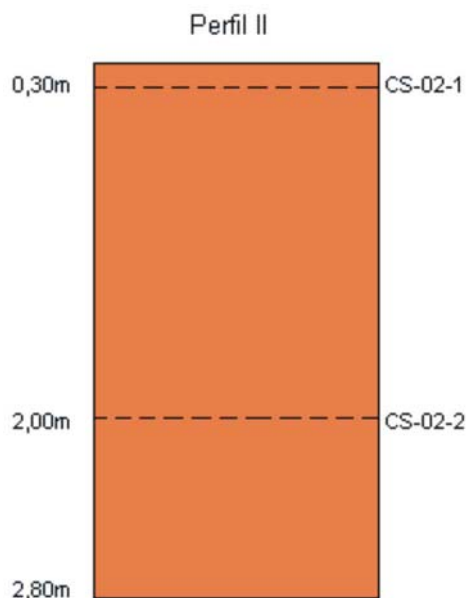


Figura 6: desenho esquemático da seção estratigráfica II.

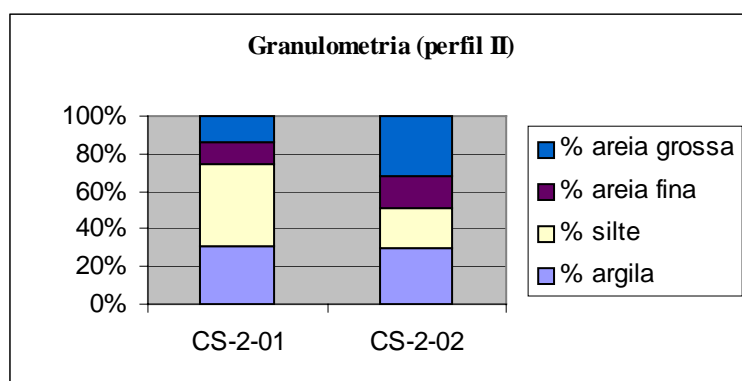


Figura 7: granulometria das camadas da seção estratigráfica II.

A terceira e última seção – III – está representada no desenho esquemático da figura 8 e no gráfico da figura 9. Nessa seção foram caracterizados apenas duas camadas diferentes, sendo que uma delas é a rocha alterada. Na camada do solo foram retiradas duas amostras em diferentes alturas, CS-03-1 a 25cm e CS-03-2 a 1,30m, sendo as duas constituídas com grande presença de blocos, representantes dos coluviamentos gerados por movimentos de massa do tipo avalanche detrítica, onde o material não selecionado, apresenta as diversas frações componentes do espectro granulométrico.

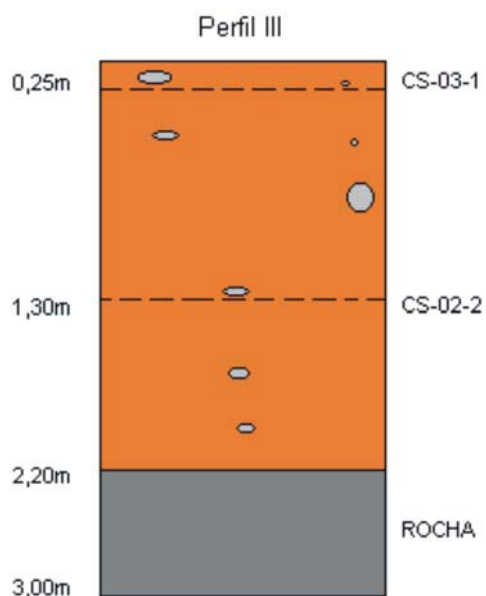


Figura 8: desenho esquemático da seção estratigráfica III.

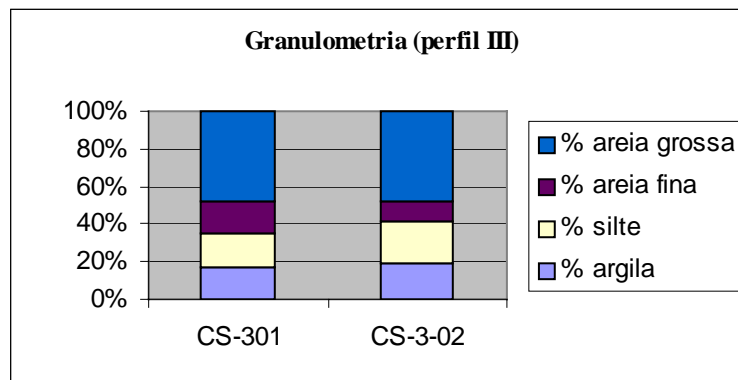


Figura 9: granulometria das camadas da seção estratigráfica III.

No gráfico de granulometria (figura 9) podemos observar que se tem pouca diferença entre as duas alturas, sendo a porcentagem de areia grossa quase idênticas. Na CS-03-1 existe, em porcentagem, uma homogeneidade na quantidade das outras três frações - areia fina, silte e argila – enquanto que na amostra CS-03-2 há uma ligeira diminuição da quantidade de areia fina. Estas mínimas variações não caracterizam uma mudança de camada e a passagem abrupta para a rocha alterada demonstra o processo de coluviamento, comum nos setores de média encosta, onde os deslizamentos removem a camada de solo e repousam sobre a rocha.

## 6- Considerações finais

Este trabalho tentou mostrar os impactos que a expansão da malha urbana, para o oeste do município do Rio de Janeiro, pode causar e sofrer junto ao Maciço da Pedra Branca. Diante disso, foram analisados os aspectos físicos do solo, a evolução de encostas em relevo montanhoso e a história de ocupação.

Isso é de grande importância considerando que cada processo influencia nos outros, e os diferentes usos do solo causam modificações que podem ser encontradas em análises do solo e também podem acentuar ou diminuir os processos de evolução do relevo.

No caso da área de estudo dessa pesquisa, a expansão urbana, ao invés de aumentar o grau de degradação ambiental, contribuiu para sua redução e para o aumento da área florestada. Isso se deve pelo fato de que houve uma apropriação do “verde” pelo urbano, que prega a proximidade com a natureza como algo relaxante. Associado a isso a atuação do mercado imobiliário faz de regiões próximas a reservas e parques, o investimento de seus empreendimentos.

Com essa mudança, o que antes era roça e pastagem acabou virando floresta, sendo isso de vital importância para a manutenção dos solos e conseqüentemente para a diminuição da ação erosiva que acentua o desgaste das encostas. No entanto, a natureza

dos processos geomorfológicos ocorrentes nas encostas das bacias, caracterizados pelos sucessivos movimentos de massa, colocam em risco essa mesma população que permitiu o retorno da floresta. Podemos ver que a porosidade total nas camadas mais superficiais com a capacidade de infiltração, comparando uma área florestada e uma de pastagem, aumentou. Se por um lado, a água no solo aumenta a instabilidade dos pacotes coluviais, por outro, a área de pastagem não deve ocupar as encostas dos maciços, pois ajudam na degradação do solo e na geração de escoamento superficial, contribuindo para a emissão de vazão líquida e sólida pelos canais fluviais, que podem sofrer com fenômenos de assoreamento e enchente, prejudicando a população que vive no entorno dessas bacias.

Desta forma, se faz necessário a continuidade de estudos dessa natureza como estratégia de percepção do dinamismo da paisagem e, no caso local, da relação com a expansão urbana.

## REFERÊNCIAS

- BERNARDES, N. – 1992 – Notas sobre a ocupação humana da montanha no Estado da Guanabara *In: Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro*. Organizado por ABREU, M.A., Coleção biblioteca Carioca, vol. 21 pp.259-284.
- BIGARELLA, J., MOUSINHO, M. & SILVA, J. – 1965 – Considerações a respeito a Evolução das Vertentes *In: Boletim Paranaense de Geografia*, nº16 e 17.
- BOTELHO, R.G.M. - 1999 - Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. *In: GUERRA, A.J.T., SILVA, A.S. e BOTELHO, R.G.M. (orgs.) - Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Ed. Bertrand Brasil, pp.17-56.
- BRANDÃO, A.M.P.M. - 2001 - Clima Urbano e Enchentes na cidade do Rio de Janeiro. *In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B.(Orgs) - Impactos Ambientais Urbanos no Brasil, Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 416p.*
- COELHO NETTO, A.L. -2001 - Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia. *In: Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*, organizado por GUERRA, A.J.T. e CUNHA,S.B.; Ed. Bertrand Brasil, 4ª Edição, pp. 93-148.
- DIEGUES, A.C.S. - 2000 - Etnoconservação da natureza: enfoques alternativos. *In: DIEGUES, A.C.S. (org.) - Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza*. Ed. HUCITEC, São Paulo, pp. 1-46.
- EMBRAPA - 1996 - Manual de métodos de análise de solo. SNLSC. Rio de Janeiro.212p.
- FREITAS, M.M. - 1998 - Comportamento hidrológico e erosivo de bacia montanhosa sob uso agrícola: estação experimental do rio Boa Vista, Nova Friburgo, RJ. Dissertação de Mestrado, Depto de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 100p.
- GALVÃO, M.C. – 1957 – Lavradores brasileiros e portugueses na Vargem Grande. *Boletim Carioca de Geografia – AGB-RJ, ano X, n 3 e 4, p.35-60.*
- GUERRA, A.J.T. - 2001 - Processos erosivos nas encostas. *In: Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos*. GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. Ed. Bertrand Brasil, 4ª Edição, pp.149-210.
- GUERRA, A. & GUERRA, A. – 2003 - Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico – Ed. Bertrand Brasil, 3ª Edição, Rio de Janeiro, RJ.
- MOURA, J. & SILVA, T. – 2001 – Complexo de Rampa de Colúvio. *In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA,S.B. (orgs.) Geomorfologia do Brasil*, Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, RJ.