



**UNIVERSIDADE “PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS” – UNIPAC
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS “MATER DIVINAE
GRATIAE”
CURSO DE GEOGRAFIA E MEIO AMBIENTE – BACHARELADO**

VIVIANI NOGUEIRA DE ASSIS SILVA

**“ANÁLISE SOBRE OS IMPACTOS CAUSADOS PELA ÁGUA
PLUVIAL EM ENCOSTAS HABITADAS – ABORDAGEM A PARTIR
DE ESTUDO BIBLIOGRÁFICO.”**

BARBACENA

2011

VIVIANI NOGUEIRA DE ASSIS SILVA

“Análise sobre os impactos causados pela água pluvial em encostas habitadas – abordagem a partir de estudo bibliográfico.”

Monografia apresentada à disciplina “Monografia II” do Curso de Geografia e Meio Ambiente – Bacharelado, da Universidade “Presidente Antônio Carlos” – UNIPAC, Campus I, como requisito parcial para conclusão do curso.

Orientador (a): Professor Renato Kneipp Duarte

BARBACENA

2011

Viviani Nogueira de Assis Silva

**“Análise sobre os impactos causados pela água pluvial em encostas habitadas –
abordagem a partir de estudo bibliográfico.”**

**Monografia apresentada à Universidade “Presidente Antônio Carlos” – UNIPAC,
Campus I, como requisito parcial para a obtenção da Graduação em Geografia,
modalidade Bacharelado.**

BANCA EXAMINADORA

**Vânia Pereira Quintão
Universidade “Presidente Antônio Carlos” - UNIPAC**

**Renato Kneipp Duarte
Universidade “Presidente Antônio Carlos” - UNIPAC**

**Bernardino Neves Júnior
Universidade “Presidente Antônio Carlos” – UNIPAC**

Aprovado (a) em 13/12/2011

Dedico este trabalho a todas as pessoas que me incentivaram;

Dedico para meus pais, meu namorado e a quem mais me houver ajudado.

Dedico também ao meu avô Francino, que se foi na esperança de um dia me ver terminando este trabalho.

AGRADECIMENTO

Agradeço aos meus pais, ao meu namorado e aos meus amigos, por terem me apoiado sempre e por tudo mais que por mim fizeram.

Agradeço ao professor Renato, meu orientador, pela rica contribuição dada na elaboração deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos, em especial Amália, Bárbara, Luiz Cláudio, Otávia e Verediana pela ajuda, e aos professores Vânia, Renato e Bernardino, que compõem a banca examinadora, pelas importantes observações.

Tu te tornas eternamente responsável por aquilo que cativas.

Exupéry

RESUMO

Análise bibliográfica enfocando os efeitos causados pelas águas provenientes de chuvas em encostas habitadas, considerando fatores de grande relevância como erosão, deslizamento de encostas, ação antrópica e ocupação desordenada. Conforme afirmam Guerra e Cunha (2001a), as cidades são grandes exemplos de degradação ambiental, notadamente causada pela ação do homem, o que faz com que sua própria segurança e qualidade de vida sejam ameaçadas. Utiliza-se a cidade de Petrópolis, no Rio de Janeiro, para auxiliar a compreensão das causas e efeitos dos deslizamentos de encostas. Destaca-se também a ação vegetação na estabilização de encostas, bem como apresenta-se atitudes e obras que devem ser realizadas com a finalidade de reduzir a incidências de movimentos de massa.

Palavras-chave: Erosão. Talude. Cobertura vegetal. Ação antrópica. Deslizamento de encosta. Chuvas.

SUMÁRIO

Introdução.....	9
Capítulo 1	
Caracterização dos conceitos e fundamentos.....	10
Capítulo 2	
Efeitos negativos da água pluvial em encostas habitadas e ação antrópica.....	12
Capítulo 3	
A importância da cobertura vegetal para encostas e obras preventivas.....	18
Conclusão.....	27
Bibliografia.....	28

INTRODUÇÃO

O objeto de estudo do presente trabalho é o deslizamento de encostas que é visto aqui como consequência de uma ocupação irregular somada às chuvas que ocorrem de forma intensa e prolongada em determinadas épocas do ano. Essa pesquisa objetiva um maior conhecimento do problema para tornar mais eficiente sua prevenção e/ou mitigação.

CAPÍTULO 1

Caracterização dos conceitos e fundamentos

Este trabalho aborda um tema que está bastante presente no cenário brasileiro, principalmente na época em que as chuvas tendem a ser intensas e prolongadas. Trata-se dos movimentos de massa, mais especificamente os deslizamentos de encosta que sofreram um processo de ocupação humana inadequado como consequência da ausência e/ou ineficiência de um planejamento urbano adequado, condizente com a realidade física e geomorfológica das regiões, como sugerem Guerra e Cunha (2001a) .

Para bem começar o trabalho, sente-se a necessidade de abordar conceitos e fundamentos que serão amplamente discutidos ao longo do texto.

O primeiro conceito de que se vai lançar mão é a erosão (do latim *erodere* = escavar), que é, de forma bastante sucinta, um processo que envolve o desgaste, transporte e acumulação de materiais de solos ou rochas, contribuindo de forma significativa para a transformação e modelagem do relevo e causando a perda de solos férteis e o assoreamento de corpos d'água e reservatórios. Através desse processo, o material resultante da decomposição das rochas é desagregado e carregado para outras áreas. O principal tipo de erosão que ocorre no Brasil é a hídrica, podendo ocorrer de variadas formas, levando, a longo prazo, ao abrandamento do relevo. A erosão é um dos principais fenômenos geológicos que ocorre na Terra e se dá de várias formas, especialmente em locais com regimes de chuvas topicais, considerando-se o ambiente de ocorrência e o tipo de solo e vegetação como definem Silva, Schulz e Camargo (2007). Será considerada neste trabalho a erosão causada pelas chuvas em contato direto com o solo desprotegido, enfatizando os casos em que o homem é o principal responsável por sua ocorrência. O Portal Brasil Ambiental (2011), define esse processo como erosão antrópica, pois está diretamente ligado aos fatores de ocupação e uso inadequado do solo pelo homem que causam alterações nas paisagens. O mesmo autor afirma que grande parte dos processos erosivos ocorrem de modo direto e previsível, como consequência da intervenção antrópica no meio ambiente.

O processo erosivo vem se intensificando em áreas urbanas devido principalmente à ação antrópica. Geralmente este processo é iniciado pela retirada da cobertura vegetal e, à medida que o tempo passa as ações vão se tornando mais agressivas, como por exemplo, cortes de terreno, impermeabilização do solo através de asfaltamentos, etc, o que provoca a redução da infiltração e o aumento do escoamento superficial.

Outro conceito que será ressaltado é a cobertura vegetal, que é constituída pelas espécies vegetais que se encontram sobre a camada mais superficial do solo (podendo ser a cobertura viva ou a serrapilheira) e funciona como importante agente estabilizador do processo erosivo uma vez que além de proteger a superfície do solo do impacto direto das gotas da chuva, a cobertura vegetal ainda contribui para sua aeração, facilitando assim a percolação da água. Esta também mantém a umidade do solo evitando dessa forma o seu ressecamento e greteamento e, principalmente, atuando na contenção mecânica do solo já que o sistema radicular das plantas, de modo especial as de grande porte, formam uma verdadeira cerca viva, o que ajuda a manter a coesão do solo, como afirma Zimbres (2001).

Agora, apresenta-se o termo deslizamento de encostas. Começa-se por definir encosta como toda superfície natural inclinada em declive, estabelecendo um gradiente de gravidade bastante considerável entre o plano mais elevado e o mais baixo. Seu comportamento depende de sua forma geométrica e é regulado pelos tipos de terreno que a constituem, além do clima, regime de chuvas e da cobertura vegetal. O deslizamento dessas áreas ocorre de forma rápida e apresenta superfície de ruptura bem definida por limites naturais e profundos bem caracterizados. Os deslizamentos de encostas podem ocorrer de forma isolada no tempo e no espaço ou simultaneamente com outros movimentos gravitacionais e são causados principalmente pela ação humana. (BRASIL, 2001)

Silva, Schulz e Camargo (2007, p.29), definem o processo como

“deslizamento coletivo do solo e também de fragmentos rochosos, com deslocamento por ação da gravidade de grandes postas de terreno em épocas de grandes chuvas continuadas. Essas postas contêm terras em situação de saturação extremada (perda da coesão das partículas de solo) e se movem em escarpas ou vertentes íngremes.”

A ocupação desordenada, outro termo amplamente difundido, é proveniente da urbanização mal planejada por parte dos governos das cidades, somada à acelerada industrialização dos centros urbanos sem investimentos em obras e serviços de infra-estrutura.

Há uma tendência de rápida ocupação em áreas consideradas nobres para moradias e rapidamente o custo da terra nessas áreas aumenta drasticamente. Isso faz com que a parcela menos favorecida da população seja forçada a procurar outros locais, geralmente na região periférica da cidade, ocupando locais absolutamente impróprios para se estabelecer moradia fixa. Essas regiões são as chamadas “áreas de risco”, locais sujeitos a fenômenos naturais ou causados pela ação antrópica, como inundações, deslizamentos, desmoronamentos, etc, que podem gerar perdas físicas, materiais e humanas, como apontam Silva, Schulz e Camargo.

(2007) Como exemplos de áreas de risco, citam-se regiões como fundos de vale, que podem ser inundados, ou, como se enquadra melhor neste trabalho, encostas de alta declividade, passíveis de desmoronamentos e deslizamentos. O estabelecimento de pessoas em áreas de risco, além colocar em risco a segurança populacional ainda competem para o aumento dos loteamentos irregulares e para os desmatamentos, tornado mais grave o problema da poluição nas cidades.

CAPÍTULO 2

Efeitos negativos da água pluvial em encostas habitadas e ação antrópica

A ação antrópica é um dos principais agentes causadores de deslizamentos de encostas. Devido à ampliação de áreas impermeabilizadas em áreas urbanizadas, a capacidade de infiltração da água no solo fica comprometida, o que repercute no favorecimento do escoamento superficial e na concentração de enxurradas em determinadas áreas, concorrendo assim para que elas se tornem densamente erodidas ao longo dos tempos.

De acordo com Guerra e Cunha o

espaço urbano é resultado de drásticas transformações antrópicas sobre o meio físico ao longo dos anos. [...] As áreas urbanas, por constituírem ambientes onde a ocupação e concentração humana se tornam intensas e muitas vezes desordenadas, tornam-se locais sensíveis às gradativas transformações antrópicas, à medida que se intensificam em frequência e intensidade o desmatamento, a ocupação irregular, a erosão e o assoreamento dos canais fluviais, entre outros. (GUERRA E CUNHA, 2001a, p.189)

As cidades são vistas hoje como o maior exemplo de degradação ambiental, colocando em risco a qualidade de vida e a segurança de sua população. Isso se agrava quando se considera a desordenada ocupação humana que pode ser capaz de potencializar as limitações naturais, restringindo a ocupação e aumentando a ocorrência de movimentos de massa, como afirmam Guerra e Cunha (2001a). Silva, Schulz e Camargo (2007) afirmam que a definição de solo está intimamente ligada à forma como este será ocupado. Para um habitante de área urbana, o solo é um local da superfície terrestre onde ainda se constrói, ou seja, nada mais que o chão. Já para um habitante de área rural, o solo é o local onde se pisa e sobre o qual se constrói, mas também é a fonte do seu sustento, seu local e objeto de trabalho.

A expansão urbana, as construções nas encostas o manejo inadequado do solo, podem torná-lo mais sujeito a sofrer riscos de degradação, que aliados ao crescimento e, especialmente à concentração populacional podem potencializar essa degradação. Os condicionantes naturais podem contribuir para a aceleração do processo de degradação. Encostas desvegetadas, contato solo-rocha abrupto, descontinuidades pedológicas e declividade das encostas são algumas condições que podem acelerar os processos erosivos. No entanto, a chuva é um dos fatores mais significativos, pois quase todos os registros de deslizamentos de encostas estão associados a episódios de chuvas de forte intensidade ou de períodos prolongados. (GUERRA E CUNHA, 2001a).

É fundamental compreender esses movimentos, conhecendo sua forma e extensão, porque somente dessa maneira se encontrará uma medida preventiva ou mesmo corretiva adequada que implique maior segurança para a população.

Dentre os principais problemas relacionados ao processo de ocupação de encostas destacam-se as atividades erosivas, geralmente determinadas pela remoção indiscriminada da vegetação e exposição de áreas susceptíveis à erosão, além de lançamento e concentração de águas pluviais, execução inadequada de aterros, lançamento de águas servidas, vazamentos na rede de abastecimento de água, fossas sanitárias declividade e altura excessiva de cortes e deposição de lixo, como destaca o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011).

Primeiramente, destaca-se a remoção da vegetação, que será mais amplamente abordada mais adiante. Esse processo de denudamento do terreno permite às gotas de chuvas tocarem de forma mais agressiva a face desvegetada do solo, dando início ao processo erosivo, de forma bastante discreta mas ainda assim efetiva, concorrendo assim para o surgimento de grandes crateras no solo (BRASIL, 2011).

A falta de planejamento urbano é um fator que contribui ativamente para o processo de erosão e deslizamento de encostas. De acordo com Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011) a inexistência de sistemas adequados de drenagem de águas pluviais facilita a infiltração, diminuindo a resistência do solo e provocando a ruptura de cortes e aterros, o que pode ser intensificado nos períodos de chuvas intensas e prolongadas. Ou seja, devido à inexistência de um planejamento urbano adequado para áreas de risco e/ou que foram ocupadas indevidamente, ocorre a falta de uma rede de captação da água decorrente das chuvas, que se infiltra no solo da encosta diminuindo sua capacidade de permanecer em estado de inércia, levando o terreno a não suportar seu próprio peso e deslizar.

Outro aspecto causador de erosão é a construção inadequada de aterro, como o simples lançamento de material sobre a superfície natural, sem a devida compactação, permitindo a percolação da água das chuvas pelos poros do material depositado tornando a área suscetível à erosão já que se torna mais pesada e mais incapaz de suportar o próprio peso, comprometendo rapidamente a obra (BRASIL, 2011).

Por causa da falta de estrutura e de planejamento urbano para as áreas de risco, a população se instala ali de forma irregular e até mesmo precária. Prova disso é que em áreas de encosta é muito comum a ausência de sistema de esgoto adequado. Esse fato faz com a água servida, ou que já foi utilizada, seja lançada diretamente na superfície do terreno e se infiltre continuamente, fazendo com que aquela parte do solo se torne saturada, facilitando o surgimento de rupturas no terreno, além de tornar o solo contaminado e mais pesado. Em épocas de chuva a situação se torna mais crítica pois, todo o terreno tende a se tornar saturado e, dessa maneira mais greteado, vindo a ser mais iminente o risco de deslizamento desta encosta, levando abaixo casas, vegetação, aterros, lixo e toda sorte de coisas que houver sobre a superfície do terreno, como cita Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011).

Ainda de acordo com o Ministério da Integração Nacional, o

“rompimento de tubulações na rede de abastecimento d’água provoca a saturação do solo, aumenta sua instabilidade e facilita os desmoronamentos. O problema se agrava quando os moradores improvisam redes clandestinas d’água, com mangueiras e canos inadequados.” (BRASIL 2011, p.111)

no entanto esse caso ainda é menos grave que o anterior já que a água que vasa ainda não foi contaminada.

Outro fator que, segundo o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011), interfere ativamente no processo de saturação e deslizamento do solo é a presença de fossas sanitárias, pois ali a água se infiltra tornando o solo mais denso e, conseqüentemente, mais propício a deslizamentos. Quanto maior a quantidade de fossas mais contaminado, saturado, permeável e pesado se torna o solo, dessa forma, quanto mais densamente povoada a área, maior o risco gerado pelas fossas sanitárias. Logo, a solução para esse problema é a construção da rede de esgoto sanitário adequada.

É notório também que a execução de cortes como intuito de se construir estradas e/ou residências, principalmente em locais onde se conta com inclinação e altura excessivas de taludes, facilita a ocorrência de deslizamento dessas encostas. Quando se verticaliza os taludes, se altera o ângulo de repouso gerando um ponto de fraqueza e aumenta a

possibilidade de desastres, como pontua o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011).

O Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011) pontua ainda que a disposição inadequada do lixo, concorre para aumentar os riscos de escorregamento; já que lixo é fofo, tem alta porosidade, o que facilita sua embebição e o conseqüente aumento do peso do terreno. Dessa maneira, quando se inicia o deslizamento, este tem tendência a se estender para as áreas mais superficiais do terreno, promovendo o abrandamento do relevo.

No Brasil, há regiões mais suscetíveis a fenômenos como o deslizamento de encostas. Tomaremos a cidade de Petrópolis localizada no estado do Rio de Janeiro como um exemplo desse processo de erosão, estabelecendo uma correlação entre sua urbanização e industrialização. Guerra e Cunha (2001a) consideram que na cidade de Petrópolis, a construção de casas populares e condomínios tem desestabilizado as encostas, o que tem provocado o desencadeamento de uma série de problemas ambientais, principalmente quando não há uma legislação urbanística em sintonia com as limitações físicas, ou quando, apesar de sua existência, ela não consegue ser colocada em prática de forma eficaz.

O município de Petrópolis está localizado a Norte da cidade do Rio de Janeiro, entre as coordenadas de 43°04' – 43°14'W e 2°33' – 22°35'S, apresentando altitude média de 845 metros, abrangendo uma área de 811km². 97,5% de seus habitantes estão localizados na área urbana. Situada aproximadamente 60 km da cidade do Rio de Janeiro, na região Serra do Mar, a declividade de suas encostas varia de 5° a 80°. A cidade ocupa uma região serrana, e possui rochas bastante falhadas e fraturadas, além de encostas íngremes e, em alguns pontos, solos com perfis bastante profundos. Possui áreas com totais pluviométricos anuais de 2.000mm, com chuvas concentradas especialmente nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, quando a incidência de deslizamentos é consideravelmente maior que a registrada no restante do ano, como afirmam Guerra e Cunha (2001a).

Utilizando a divisão adotada por Guerra e Cunha (2001a) e para facilitar nosso estudo, dividimos o campo observado em cinco distritos: 1° distrito – Petrópolis, 2° distrito – Cascatinha, parte mais urbanizada entre os cinco distritos, 3° distrito – Itaipava, 4° distrito – Pedro do Rio e 5° distrito – Posse. Constitui-se numa área que concentra a maior parte da população petropolitana e, por isso, torna-se um exemplo de cidade onde o equilíbrio com a natureza foi rompido, fato que pode ser observado pela grande incidência de movimentos de massa que se intensificaram com as chuvas de verão, especialmente nos últimos trinta anos, como propõem os já citados autores.

Segundo Guerra e Cunha (2001a), para se analisar a realidade de um local em determinada época, se faz necessária uma avaliação dos processos de formação, ocupação e parcelamento de uma cidade, não bastando somente uma avaliação em apenas um momento de sua evolução, mas entender como ela evoluiu ao longo do anos, atingindo o estágio atual. Para se compreender a ocupação em Petrópolis (1º distrito), consideram-se aspectos históricos e a complexidade do meio físico como determinantes do processo. O processo de ocupação de Petrópolis pode ser dividido em quatro períodos: de 1845 a 1945, de 1945 a 1964, de 1964 a 1976 e a partir de 1976. No primeiro período de ocupação, de 1845 até 1945, a ocupação urbana restringia-se aos fundos de vales e planícies fluviais, devido principalmente à menor densidade urbana e à legislação vigente. Entre 1945 e 1964, devido à grande expansão urbana e às mudanças nas leis de ocupação do município, as encostas adjacentes às áreas já urbanizadas e encostas com menor declividade, como os terrenos extremamente perigosos, constituídos pelas bases de encostas íngremes e rochosas foram ocupadas. No terceiro período, de 1964 a 1976, pode se dizer que a ocupação se tornou consideravelmente mais problemática, conjugando a dificuldades impostas pela declividade do terreno e sua instabilidade. Ainda se preservam nessa época as áreas com declividade superior a 75% e os terrenos ao longo de linhas de drenagem perenes ou intermitentes. No quarto período, a partir de 1976, com destaque para a segunda metade da década de 80, passam a ser abertos loteamentos irregulares e a ocorrer invasões em áreas públicas ou ainda não ocupadas por apresentarem declividade muito alta, constituindo áreas de risco situadas no sítio urbano.

O princípio da ocupação de Petrópolis se deu em 1720, com a abertura de uma estrada variante do caminho Rio-Minas, o que possibilitou o surgimento de várias fazendas às suas margens. O planejamento e a ocupação se deram seguindo o curso dos três principais rios da cidade: Palatino, Quitandinha e Piabanha, e visava manter o equilíbrio entre crescimento e a preservação da cidade, integrando a ocupação humana à paisagem natural, além da preservação das matas e o aproveitamento do solo para o cultivo. De acordo com o código de obras vigente, o Plano Koeler, era proibido utilizar os topos dos morros, as áreas com maior declividade não poderiam ser ocupadas, preservando-se a sua cobertura vegetal para evitar deslizamentos, os proprietários tinham de plantar árvores nativas na testada dos terrenos, todas as residências faziam frente para o rio, sendo que os esgotos seriam lançados em fossas no fundo dos terrenos, distante dos cursos d'água, evitando-se assim qualquer tipo de contaminação dos mesmos, como pontuam Guerra e Cunha (2001a).

De acordo com os autores supracitados, o crescimento desordenado do espaço urbano, sem controle do Poder Público local, tem sido um dos principais, senão o principal

responsável pelo surgimento e acirramento dos graves problemas ambientais que comprometem a segurança e a qualidade de vida da população, não só petropolitana mas também de todo o mundo. Esse crescimento populacional acentuado se deve principalmente ao surgimento da atividade industrial, o que fez com que a mão-de-obra de várias partes do país fosse atraída para a região, ocupando toda a cidade, possibilitando o surgimento de novos bairros que não estavam previstos no Plano Koeler, criados em áreas cujo interesse maior era a preservação, ocupando regiões pouco povoadas ou mesmo áreas rurais em aglomerados urbanos. Esse crescimento populacional ocorreu de forma desproporcional na área urbana, concentrando-se no primeiro distrito (Petrópolis) e com menor intensidade no segundo distrito (Cascatinha). O crescimento acelerado fez com que os espaços ainda disponíveis para ocupação, por se localizarem em áreas desvalorizadas, em função da declividade e do difícil acesso ou por constituírem áreas de preservação, comecem a ser ocupados de forma desordenada, aumentando o desmatamento nas encostas e o número de habitantes que residem em áreas de risco. A situação se agrava na década de 70, quando a indústria petropolitana entra em declínio por causa da forte concorrência com as indústrias paulistas, aumentando o desemprego, o que levou à pauperização da população, que acabou por se estabelecer nas áreas mais desvalorizadas, as encostas consideradas áreas de risco. À medida que a ocupação e o desmatamento das encostas aconteciam na área urbana, a incidência de movimentos de massa aumentava com rapidez, da mesma forma que os loteamentos irregulares (que fora dos padrões urbanísticos, tornaram-se áreas vulneráveis a movimentos de massa, colocando em risco a população residente) e as invasões, destituídas de qualquer tipo de saneamento básico, se multiplicaram.

Segundo afirmam Guerra e Cunha (2001a), em Petrópolis

o período mais expressivo para o estudo de movimentos de massa situa-se entre 1960 e 1980, que corresponde às mais elevadas taxas de crescimento populacional, aliado à grande crise que afetou as indústrias locais, provocando a falência e/ou transferência de muitas indústrias para outras regiões do País. Nesse período fica clara uma correlação mais direta entre movimentos de massa, crescimento acelerado e empobrecimento da população. A população de baixo poder aquisitivo passou a ocupar as encostas que até então estavam preservadas por sua vegetação, devido às limitações impostas pelos terrenos, como a declividade. Os interesses especulativos e políticos locais abriram loteamentos irregulares, apoiados em uma legislação flexível, e agora estavam voltados para a população de baixa renda que crescia rapidamente [...]. A falta de uma política habitacional para a população de baixa renda foi responsável pelo aumento das ocupações irregulares em todo País, o que não fez de Petrópolis uma exceção. Pelo contrário, pois, além de surgirem diversos loteamentos, as invasões tornaram-se frequentes, constituindo no município um dos mais graves problemas sociais, provocando grandes impactos ambientais, percebidos através do desmatamento e movimentos de massa, cuja ocorrência passou a ser maior nessas áreas. [...] Quanto aos movimentos de massa, a década de 90 tem apresentado um declínio que pode ter sido causado não só pela

redução do crescimento populacional, mas também pelo trabalho de conscientização ambiental, pelas obras públicas, pela redução dos índices pluviométricos, dentre outras coisas. (GUERRA E CUNHA, 2001a, p.205)

O início do processo desordenado de ocupação da área urbana, os elevados índices pluviométricos registrados na década de 60, contribuíram significativamente para a ocorrência de movimentos de massa, principalmente escorregamentos. Análises realizadas acerca dos deslizamentos confirmam uma maior ocorrência no 1º distrito, Petrópolis, diminuindo em direção ao 5º distrito, Posse. Esse declínio pode ser explicado ao considerarmos duas variáveis: a diminuição dos índices pluviométricos para o interior do município e o menor processo de urbanização nos distritos que seguem em direção ao vale do Paraíba do Sul. Nas quatro décadas avaliadas, houve um predomínio absoluto dos escorregamentos, frente aos demais movimentos que foram considerados, como a corrida de lama e a queda de blocos, como definem Guerra e Cunha (2001a).

Constatou-se também através dessas pesquisas que os meses com índices pluviométricos menores – junho, julho e agosto – são inexpressivos no que diz respeito a movimentos de massa, porém apresentam um aumento do desmatamento. Isso faz desse período o melhor para se iniciar as ocupações irregulares, pois as autoridades ficam menos em alerta devido à quase ausência de movimentos de massa e da reduzida precipitação. Já os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, considerados os mais chuvosos, tanto pelo número de dias chuvosos como pelo total pluviométrico mensal, apresentam totais de movimentos de massa mais expressivos e o número de desmatamentos diminui drasticamente em consequência das dificuldades provenientes das chuvas.(GUERRA E CUNHA, 2001a).

Como se pode constatar depois da leitura de bibliografias especializadas é que o mais comum de ocorrer é o homem ser colocado no papel de vítima dessas catástrofes, ditas naturais, como deslizamentos de encostas mas, isso não condiz com a realidade dos fatos uma vez que essas catástrofes tendem a ocorrer em locais que o ser humano invadiu sem levar em consideração as características físicas e pedológicas. Ou seja, o ser humano é o responsável direto pelas tragédias que o assolam quando não respeita os limites impostos pela natureza. O homem está acostumado a domesticar todas as coisas conforme as suas conveniências e se esquece que a natureza não aceita ser domesticada, e portanto por mais que se tente transformar a Natureza em Habitat isso não ocorrerá. A Natureza sempre encontrará formas de superar as nossas vontades. (GUERRA E CUNHA, 2001a)

CAPÍTULO 3:

A importância da cobertura vegetal para encostas e obras preventivas

Como já foi dito anteriormente, a cobertura vegetal é constituída pelas espécies vegetais que se encontram sobre a camada mais superficial do solo, podendo ser a massa viva ou a serrapilheira, e é um dos mais importantes fatores controladores do processo erosivo, tendo em vista a função protetora que a mesma exerce sobre o solo, como pontua IBGE (2009). Sua principal função é

“interceptar parte da precipitação (P) pelo armazenamento de água nas copas arbóreas e/ou arbustivas (A_c), de onde é perdida para a atmosfera por evapotranspiração (ET) durante e após as chuvas. [...] Quando a chuva excede a demanda da vegetação, a água atinge o solo por meio das copas (atravessamento, A_t) e do escoamento pelos troncos (fluxo no tronco, F_t). Uma outra parte da chuva é armazenada na porção extrema superior do solo que comporta os detritos orgânicos que caem da vegetação (folhas, galhos, sementes e flores) e é denominada serrapilheira (A_s)” (GUERRA E CUNHA, 2001b, p.105).

De acordo com Guerra e Cunha (2001b), a serrapilheira se desenvolve mais em solos florestados já que aí a produção de folhas é maior, bem como a perda destas pelas espécies arbóreas e arbustivas. Ela pode ser composta por dois horizontes: O_1 e O_2 do solo. A camada O_1 engloba os detritos recém-caídos que ainda não sofreram decomposição; a camada O_2 é constituída por todos os materiais parcialmente decompostos. A decomposição do material orgânico propicia o crescimento de raízes finas, que buscam os nutrientes desprendidos pela decomposição, formando um tapete de espessura variável. A serrapilheira é variável na sua composição e estrutura, e nem sempre a camada O_2 está presente.

Como defendem Guerra e Cunha (2001b), a densidade da cobertura vegetal é fator importante na remoção de sedimentos, no escoamento superficial e na perda de solo. O tipo e a porcentagem de cobertura vegetal podem reduzir os efeitos dos fatores erosivos naturais. Quanto mais densamente vegetada for a região, maior será a interceptação e, conseqüentemente menor deve ser o poder de erosão das gotas que chegam ao chão já que a quantidade de energia cinética delas foi reduzida. Ou seja, a vegetação propicia uma melhor proteção nas áreas com chuva de maior intensidade.

No entanto, os mesmos autores afirmam que alguns tipos de cobertura vegetal podem aumentar a energia cinética da chuva, como é o caso da couve-de-bruxelas, bem como outras espécies de plantas caracterizadas por apresentarem folhas largas e/ou longas. Isso acontece porque suas folhas atuam como concentradoras de água. A água vai se

acumulando na superfície da folha e, no momento em que essas gotas se unem para se desprender da folha, formam um filete de água que chega ao solo de forma mais agressiva por se tratar de uma grande concentração de água.

Dessa forma, Guerra e Cunha (2001b), afirmam que o efeito da vegetação sobre erosão pode se dar de acordo com a porcentagem e o tipo da cobertura vegetal. Em áreas onde a densidade da cobertura é maior, a erosão ocorre em taxas mais baixas, principalmente se houver serrapilheira no solo. Em regiões apenas parcialmente cobertas pela vegetação a perda de solo pode ocorrer mais rapidamente. Dessa maneira, esse aumento da incidência de erosão está relacionada a solos com menos de 70% de cobertura vegetal, ou seja, à medida que a cobertura vegetal se torna mais densa, cobrindo mais de 30% da superfície do solo, a erosão diminui, sendo que a recíproca também é verdadeira.

Observa-se ainda que a cobertura vegetal, além de influenciar na interceptação das águas da chuva, atua também de forma direta, na produção de matéria orgânica, atuante na agregação das partículas constituintes do solo. Além disso, as raízes podem se ramificar no solo e, assim, ajudar na formação de agregados já que partes do solo vão se prendendo a estas. Essas raízes ainda atuam mecanicamente na contenção do solo e, ao se decompor, fornecem húmus, aumentando a estabilidade dos agregados do solo. (GUERRA E CUNHA, 2001b)

A cobertura vegetal, de acordo com Zimbres (2011), aumenta a infiltração da água no solo, principalmente quando se tem chuva fina e prolongada, de maneira a tornar o solo mais pesado, constituindo esse fato uma desvantagem de sua presença. No entanto, apresenta qualidades de contenção e proteção que compensam os efeitos negativos provocados pelo aumento do peso e maior infiltração, conforme afirmam Guerra e Cunha (2001b). Pinheiro e Pons (2008, v. 29, p.71) pontuam que “embora a presença de vegetação adicione uma sobrecarga, se as árvores estiverem dispostas na base do talude, tendem a manter a estabilidade.”

A vegetação atua de diversas formas, dentre as quais destacam-se a proteção da parte superficial do solo do impacto direto das gotas de chuva, retardando assim o princípio do processo erosivo; contribui para a melhor distribuição da água pela superfície criando caminhos por onde a água se infiltra, bem como o ar, dificultando a compactação do solo e contribuindo para manter sua aeração; a produção de húmus e a sombra das plantas ajudam a manter a umidade do solo, evitando seu ressecamento e greteamento e, conseqüentemente, o início da erosão; o sistema radicular das plantas, principalmente as de grande porte, atua na contenção mecânica do solo pois se constitui numa cerca viva que

contribui para manter a coesão do solo e a sua contenção mecânica, evitando que este saia do estágio de inércia em que se encontra. (BRASIL, 2011)

Quando a chuva toca a superfície de um solo com cobertura vegetal insuficiente, inicia um processo de erosão laminar que de acordo com Silva, Schulz e Camargo (2007), é caracterizada pela remoção de uma camada fina e relativamente uniforme do solo pela precipitação pluvial e pelo escoamento superficial. Com o passar do tempo, vão se formando sulcos mais profundos, as ravinas, e a água começa a se concentrar em filetes cada vez mais volumosos, aumentando em muito a capacidade de transportar as partículas do solo. Nesse estágio o solo passa a ser agressivamente erodido por qualquer chuvinha, como pontua Zimbres (2011).

Silva, Schulz e Camargo (2007) afirmam que apesar de a erosão ser um dos maiores problemas em qualquer parte do mundo, há formas de controlá-la e, principalmente, evitá-la. Tudo que se faça no sentido de diminuir a desagregação das partículas do solo e seu arraste constitui prática de controle de erosão. Os autores definem que essas práticas baseiam-se em

proteger o solo contra os impactos da chuva que cai: “vestir” o solo para que a queda das gotas das chuvas seja amortecida. Com essas práticas procura-se diminuir o “desprendimento” das partículas minerais e orgânicas do solo. Diminuir a velocidade das águas: como se sabe, quanto maior a velocidade que a água adquire, maiores prejuízos causa. Diminuir o volume das águas na enxurrada: quanto maior a quantidade de água na enxurrada, maior erosão ela provoca. Algumas práticas não deixam as águas se unirem e se avolumarem. As águas são divididas e “presas”, ou desviadas [...]. (SILVA, SCHULZ E CAMARGO, 2007, P.137-138)

Os autores citados anteriormente classificam que há práticas que visam a conservação do solo e as dividem em dois grupos descrevendo-as. Estas são aplicáveis principalmente em área rural, contudo, também podem ser aplicadas em solos urbanos, desprovidos de qualquer tipo de cobertura vegetal. São elas: práticas de caráter mecânico: consistem no deslocamento de partes do solo para obter barreiras físicas e diminuir a velocidade da água, como o terraceamento por exemplo; práticas de caráter vegetativo: consistem na instalação de material de origem vegetal para proteger o solo do impacto das gotas de chuva, além de constituir uma barreira física. Constituem praticas de caráter vegetativo o plantio de espécies leguminosas, deixar no local o mato que foi anteriormente cortado, fornecendo-lhe desta maneira uma considerável camada de serrapilheira, etc. Os custos dessas várias medidas são bastante baixos quando os

comparamos com os prejuízos financeiros e danos ambientais que podem vir a ocorrer se elas não forem tomadas.

Sobre a massa vegetativa, é sabido que serve de modo geral para defesa do solo, mas, algumas espécies se distinguem como boas conservadoras do solo, enquanto que outras são consideradas aceleradoras do processo de erosão. As gramíneas são exemplos de plantas conservadoras por apresentarem folhas pequenas, ou que não são capazes de acomodar grandes quantidades de água, e um sistema radicular bem desenvolvido e ramificado, que como falado anteriormente, contribui para a aeração e percolação da água. Por outro lado, a mandioca, o algodão e o milho são consideradas plantas desgastadoras por proporcionarem uma grande exposição do solo, e o submeter ao impacto da chuva e ao efeito destrutivo da enxurrada, pois são plantas relativamente altas e que não apresentam estruturas de tronco e folhas bem desenvolvidos no sentido de interceptar a água precipitada. (SILVA, SCHULZ E CAMARGO, 2007)

Os autores supracitados defendem que

a base do sucesso ou frustração da conservação do solo é o modo como esse solo está sendo usado, torna-se importante a distinção entre áreas onde taxas de erosão são naturalmente altas e áreas onde as taxas de erosão são altas em função de manejo do solo inadequado. [...] Em locais onde ocorre o uso incorreto da terra de forma cultural ou por motivos de sobrevivência, é muito pouco provável que tecnologias para conter a erosão mostrem-se realmente eficazes, uma vez que a causa dessa erosão é sócio-econômica. (SILVA, SCHULZ E CAMARGO, 2007, P.141)

O Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011) afirma que o processo erosivo pode ser evitado se certas medidas forem tomadas. Essas medidas se dividem em não-estruturais e estruturais. Dentre as medidas não-estruturais, destacam-se as

ações objetivando o desenvolvimento de um clima de confiança e de entendimento entre os órgãos governamentais, envolvidos na solução do problema, e a comunidade local, permitindo o estudo conjunto e a definição das soluções mais adequadas; mapeamento das áreas de risco, [...] e criteriosa definição de áreas *non aedificandi* e *aedificandi* com restrições e *aedificandi* de acordo com normas estabelecidas; desenvolvimento de diretrizes, objetivando a gradual reordenação urbanística das encostas ocupadas de forma caótica; medidas objetivando a gradual ordenação do sistema viário que, na medida do possível, deve ser desenhado e desenvolvido em sentido paralelo ao das curvas de nível; formulação de critérios para a definição de projetos habitacionais seguros e de baixo custo, adaptados às condições topográficas e pedológicas da encosta; formulação de critérios para a gradual correção de erros cometidos na fase caótica da ocupação, permitindo que a maior dimensão dos lotes seja paralela ao das curvas de nível. (BRASIL, 2011, p.112)

De acordo com o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011), medidas estruturais são, de forma sucinta, obras com o objetivo a estabilizar as encostas. Estão

divididas em três categorias: obras sem estrutura de contenção, obras com estrutura de contenção e obras de proteção contra massas escorregadas.

As obras sem estrutura de contenção serão as primeiras a ser apresentadas neste trabalho. Destacam-se aqui as principais, que compreendem o retaludamento, a drenagem superficial, a drenagem superficial, a drenagem subterrânea, a drenagem de estruturas de contenção, a proteção superficial, com materiais naturais e a proteção superficial, com materiais artificiais, conforme afirma o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011).

As obras de retaludamento são caracterizadas pela alteração da geometria dos taludes através de cortes nas partes superiores da encosta, tendo o intuito de melhorar o ângulo de repouso abrandando o relevo e aliviando a carga atuante no talude. O retaludamento de encostas deve ser efetuado com equipamento mecânico apropriado, e acompanhado por aterros compactados nas bases dos taludes para evitar a continuidade do processo além de drenagem e cobertura superficial com a finalidade de diminuir o peso do talude. Essas obras têm a finalidade de conduzir adequadamente as águas superficiais, além de evitar fenômenos erosivos e os escorregamentos e reduzir os esforços a serem suportados pela estrutura, como pontua o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011).

As obras de drenagem superficial são, de acordo com o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011), obras cuja função é impedir a formação de processos erosivos e diminuir a infiltração da água no solo, dentre as quais se destacam as bocas de lobo, canaletas revestidas de material impermeabilizante e moldadas “*in loco*” ou pré-moldadas, etc.

Obras de drenagem profunda, de acordo com definição do Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011), são desenvolvidas com a finalidade de coletar e escoar a água subterrânea, buscando o rebaixamento do nível do lençol freático e evitar a saturação das bases do talude pela água. Dentre as principais obras a serem realizadas, destacam-se o feitiço de trincheiras drenantes, que nada mais são do que valas preenchidas com material drenante adequado, com um tubo dreno instalado na base, com a finalidade de interceptar e escoar a água subterrânea.

Já as obras de drenagem das estruturas de contenção são realizadas mediante a instalação de tubos-drenos curtos, de no máximo 15 metros, em sentido horizontal, nas estruturas de contenção. Sua finalidade é captar as águas subterrâneas dos topos de

morros, rebaixar o lençol freático e diminuir o peso da água sobre a estrutura, como afirma Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011).

O Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011), defende que a proteção superficial com materiais naturais é mais econômica e cumpre, com eficiência, sua função de reduzir os fenômenos erosivos e a infiltração da água, através da superfície exposta dos taludes. As obras indicadas são, principalmente, a colocação de material argiloso para preencher os sulcos, fissuras e trincheiras abertas pela erosão evitando que esse cenário se agrave; reabilitação da cobertura vegetal, que pode ser arbórea, arbustiva ou com gramíneas e que além de proteger a superfície do solo ajuda a segurá-lo; fixação no talude de uma armação de tela metálica que, a seguir, é preenchida com pedras e onde como passar do tempo são depositadas partículas do solo proporcionando o surgimento da cobertura vegetal.

Citando o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011), costuma-se utilizar a aplicação de uma camada fina de asfalto para promover a impermeabilização, este método apresenta a desvantagem da necessidade de manutenção constante e de contribuir para a degradação ambiental, pois permite que água escorra e atinja uma velocidade capaz de erodir o terreno situado às suas margens. Pode-se realizar também a aplicação de camada de solo-cal-cimento, ainda pouco utilizada no Brasil mas amplamente difundida em outros países, além da cobertura de argamassa de cimento e areia, que exige pouca manutenção e apresenta custo relativamente baixo; etc.

Agora, passando às obras com estrutura de contenção, o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011) defende que se subdividem em: confecção de muros de gravidade convencionais, estabilização de blocos fraturados e de matacões e obras de contenção com estrutura complexa.

No primeiro item, os muros de gravidade convencionais, o princípio de funcionamento é relacionado com a utilização do próprio peso do muro para suportar os esforços dos morros. O atrito entre o solo e a base do muro evita o deslizamento. No entanto esses muros só devem ser utilizados quando as tensões, ou os riscos de deslizamento do morro forem reduzidos, caso contrário, no deslizamento a camada deslizada adquirirá uma força capaz de levar consigo o muro. As fundações do muro devem ser apoiadas em horizontes resistentes, com alicerces suficientemente desenvolvidos, e a superfície de contato do muro com as fundações deve receber atenção especial para evitar rupturas. Os muros de gravidade podem ser feitos com materiais, espessuras, tamanho e finalidade distintas e, dentre estes destacamos: muros de pedra seca – onde as pedras são ajustadas

manualmente, de forma que a resistência do muro seja proporcionada pelo encaixe das pedras. Os muros devem ter altura máxima de 1,50m. Quando o material é abundante no local, a confecção desses muros é vantajosa, afinal, apresenta baixo custo e não exige mão-de-obra especializada; muros de pedra argamassada – bastante semelhantes aos muros de pedra seca, a diferença é que os vazios entre as pedras são preenchidos com argamassa de cimento e areia. O arranjo das rochas e o rejuntamento conferem maior rigidez à estrutura; muros de gabião-caixa – semelhantes às duas estruturas anteriormente apresentadas, com a diferença de que são usadas caixas de fio metálico, que são preenchidas com pedras. A altura máxima desses muros é de 1,50m; muros de concreto ciclópico – são construídos em concreto e agregados de grandes dimensões. No que diz respeito às suas fundações, são de sapata de concreto. Podem ser usados para conter taludes de até 4,00m de altura; muros de concreto armado – seu emprego é irrestrito. As principais desvantagens dizem respeito ao alto custo e à necessidade de mão-de-obra especializada, assim define o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011).

As obras de estrutura complexa são, de acordo com o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011), normalmente mais caras e exigem firmas especializadas para a sua execução.

As obras de estabilização de blocos de pedras e de matacões são bastante utilizadas na cidade do Rio de Janeiro. Nessas obras os blocos instáveis de rocha são fixados a núcleos de granito estáveis utilizando chumbadores, tiras de aço e montantes de concreto engatados nas rochas. O objetivo é que matacões instabilizados pela erosão sejam fixados, como medidas que minimizem os processos erosivos. Há casos em que o desmonte dos blocos por equipes qualificadas é a alternativa mais viável. (BRASIL, 2011)

Por fim, falaremos sobre as obras de proteção contra massas escorregadas. Essas obras compreendem as barreiras vegetais e os muros de espera. (BRASIL, 2011)

As barreiras vegetais têm a finalidade de reter massas escorregadas ou transportadas por processos de erosão da montante, que podem trazer riscos de acidentes. A retenção desses materiais desagregados cumpre um importante papel de redução de solos no processo de assoreamento de áreas baixas. Apesar do lento crescimento das árvores, as barreiras vegetais podem ser adotadas em áreas historicamente afetadas por massas escorregadas, servindo para a recuperação ambiental do lugar. A vantagem das barreiras vegetais em relação aos muros de espera é o menor custo de execução. Já os muros de espera são bastante parecidos com os muros de arrimo, porém têm a finalidade de impedir a passagem de massas escorregadas. Por causa do alto custo da execução eles se

aplicam apenas em situações em que outras barreiras não apresentaram capacidade de contenção do material. Uma vantagem em relação às barreiras vegetais é o menor tempo para sua execução, podendo ser utilizado como solução emergencial. (ESPÍRITO SANTO, 2011)

CONCLUSÃO

A feitura deste trabalho leva a crer que se faz necessária a realização de obras com o intuito de prevenir deslizamentos em encostas já habitadas ou pelo menos minimizar seus efeitos catastróficos. Essas são as alternativas mais aplicáveis para regiões que têm uma ocupação consolidada e, portanto, para essas áreas são consideradas o método mais eficaz para evita uma catástrofe já anunciada. Essas obras visam a conservação do solo e o combate à erosão e consistem na proteção da superfície do solo, independentemente de seu uso e ocupação, uma vez que independentemente das características físicas do solo, haverá menores taxas de perda de solo e de sedimentação se a superfície do solo se encontrar protegida, quer seja natural ou artificialmente, como defendem Silva, Schulz e Camargo (2007).

Após ter pesquisadas várias bibliografias, conclui-se que obras em locais já habitados não é o suficiente para se resolver os problemas causados pelos deslizamentos de encostas mas outras medidas devem ser tomadas, principalmente no que diz respeito à definição de áreas de preservação permanente e de áreas de risco, impossibilitando efetivamente sua ocupação, além da implementação de políticas públicas para essas regiões. Concordando com Terra e Coelho (2005), devem ser elaboradas também políticas públicas que visem a construção de casas populares como medidas para evitar o inchaço populacional nas áreas de risco, além de políticas de incentivo à fixação da população no meio rural para aliviar as tensões nas cidades. Essas políticas constituem praticas de gestão ambiental já que convergem para a melhor utilização do AM biente como um todo.

De acordo com o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011), constatou-se que, embora não seja aconselhada, a ocupação de encostas se faz possível, desde que realizada de forma racional e em concordância com parâmetros técnicos previamente estabelecidos. No entanto, infelizmente as encostas da maioria das cidades no Brasil vem ocorrendo de forma caótica, sem o mínimo planejamento urbano e em total desacordo com parâmetros cientificamente estabelecidos, o que provoca essa situação em que vivemos, de deslizamentos de encostas cada vez mais frequentes e intensos, em que o homem é colocado no papel de vítima quando na verdade é o grande causador de todo esse problema.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL, MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Desastres**. Disponível em <http://www.integracao.gov.br> . Acesso em 29/9/2011.

ESPÍRITO SANTO, DEFESA CIVIL. **Como estabilizar encostas**. Disponível em WWW.defesacivil.es.gov.br. Acesso em 06/12/2011.

GUERRA, Antônio Jose Teixeira, CUNHA, Sandra baptista da (organizadores). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil** – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, 416 p.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. – 4ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Geomorfologia**. – 2. ed. – Rio de Janeiro : IBGE, 2009.182p. – (Manuais Técnicos em Geociências, ISSN 0103-9598 :n. 5)

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Desastres**. Disponível em <http://www.integracao.gov.br> . Acesso em 29/9/2011.

PINHEIRO, Liane Barreto Alves; PONS, Nívea Adriana Dias. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.29, n.244, p.66-74, maio/jun. 2008.

Portal Brasil Ambiental. **Recuperação de áreas degradadas: perspectivas**. Disponível em <http://portalbrasilambiental.blogspot.com/>. Acesso em 1/12/2011.

SILVA, Alexandre Marco; SCHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barbosa. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. – São Carlos : RiMa, 2007. 2ª edição.

TERRA, Lygia; COELHO, Marcos de Amorim. **Geografia Geral e do Brasil: o espaço natural e socioeconômico**. Volume único – 1. ed. – São Paulo : Moderna, 2005

ZIMBRES, Eurico. **A ação da vegetação**. Disponível em http://www.meioambiente.pro.br/baia/aca_veget.htm. Acesso em 29/9/2011.

