

2. Fundamentação teórica

Este capítulo pretende apresentar o debate sobre os conceitos e as categorias analíticas utilizados nesta dissertação: espaço e paisagem. Busca construir uma ligação entre a riqueza da concepção geográfica do espaço a partir de elementos presentes na paisagem, representados nas imagens de satélite. Nesta dissertação considera-se o conceito de espaço, a partir da proposta deste ser um conceito de múltiplas dimensões, dotado de intencionalidades intrinsecamente relacionado aos modos de produção e reprodução da sociedade. Tentar-se-á esclarecer as conexões existentes entre cada tema trabalhado nesta dissertação, ou seja, a relação entre a construção e expansão do espaço urbano, a supressão da vegetação, a instabilização das encostas, os movimentos de massa como resultantes e, o uso das tecnologias de sensoriamento remoto associado ao sistema de informação geográficas como instrumental para análise destas resultantes que transformam a paisagem do Rio de Janeiro.

2.1. A construção do espaço urbano e as transformações na paisagem

O conceito de paisagem é utilizado em diferentes contextos por geógrafos, arquitetos, pintores, escritores, filósofos entre outros e abarca um enorme campo semântico onde cada sujeito interpreta-a e se apropria de maneira muito própria e peculiar. Com a intenção de construir pontes entre as categorias analíticas apresentadas, mas sem a pretensão de esgotar o assunto, parte-se do conceito de paisagem como um sistema complexo que apresenta rugosidades e vestígios da construção de espaços pelos modos de produção pretéritos.

Embora haja controvérsia alguns autores (SANSOLO, 2007; SCHIER, 2003; entre outros) assumem que o conceito de paisagem surge no século XV nos países baixos como *landskip* e está relacionado às pinturas que representam a natureza a partir de um enquadramento e, às vezes, como segundo plano na tela. Para Sansolo (*op cit*) “a valorização da paisagem se dá no momento em que se concebe na pintura, provavelmente como reflexo da filosofia, um aprofundamento no pensamento sobre a separação entre o homem e a natureza”. Assim o homem

ao observar a paisagem e percebê-la como a maneira que se apresenta o espaço geográfico, ele carece de palavras para descrever aquilo que ele observa e começa a desenvolver diferentes conceitos, percepções e representações para distinguir os elementos que compõe essa paisagem.

O primeiro cientista a utilizar o conceito de paisagem foi o alemão Alexander Von Humboldt que o utilizava como *landshaft*, e procurava em seus estudos “estabelecer uma relação global entre as dinâmicas da natureza de cada lugar, denotando uma preocupação contemporânea em relação à natureza que é a abordagem integrada de seus componentes” (SANSOLO, 2007). Humboldt enxerga na paisagem um conjunto de relações e fatos naturais, ou seja, uma visão geossistêmica, que, porém, nega o elemento estético.

Percebe-se então que na evolução do pensamento ocidental a paisagem é entendida como objeto observado a distância. Seja quando ela ajuda a descrever relatos de campo dos cientistas quanto quando está presente em pinturas renascentistas. Há uma separação, uma dicotomia caracterizada pela relação homem x natureza onde a paisagem há de ser lida, percebida, interpretada e também transformada.

Com a obra “A geografia comparada” de Carl Ritter a geografia torna-se uma ciência um tanto quanto enciclopédica, que organiza o conhecimento sobre determinados países e regiões. Seu foco principal, contudo, não era o estudo da paisagem, porém este autor complementou e organizou estudos de Humboldt, dedicando atenção especial às descrições e análises regionais, pois acreditava que os fenômenos ali existentes, criados pela sistematização, ocorreriam nas diferentes regiões.

Friedrich Ratzel viu os homens como realidades que recobrem parcelas da superfície terrestre, “revestimento vivo, digno da observação do geógrafo” da mesma forma que as florestas, o solo, rios e outros elementos da paisagem. Este autor propunha o conceito de paisagem de uma forma antropogênica, como resultado do distanciamento do espírito humano do seu meio natural. Este distanciamento dos elementos fixos da paisagem os solos, os rios, etc, e elementos móveis, em geral humanos são importantes, pois, promove um processo de

libertação cultural da paisagem. Ratzel, todavia, não destaca a paisagem como uma forma local e delimitada, que exerce influência direta na sua cultura, mas utiliza o termo em forma mais genérica misturando-o com o termo “terra”.

Outro pesquisador pioneiro no desenvolvimento de uma teoria sobre a paisagem, contemporâneo de Ratzel, foi Paul Vidal de La Blache. Este autor propõe que a finalidade do pensamento geográfico é a compreensão do encadeamento e das correlações dos fenômenos de uma região (LA BLACHE, 1897 *in* SAN SOLO, 2007). Para La Blache a relação homem x natureza aparece mais ligada ao concreto e ao regional. O geógrafo francês utiliza o conceito “*pays*”, entendido como um lugar de escala maior que uma região, singular em seu terreno e população.

De certa forma a paisagem começa a ter um significado diferenciado, deixando de ser apenas uma referência espacial ou objeto de observação e se coloca num contexto cultural e discursivo, primeiro no discurso das artes e depois nas abordagens científicas que rompem com a ideia dominante na Idade Média, onde o mundo era uma obra divina, santificada e portanto, indecifrável.

O surgimento destas formas de representação da paisagem demonstra também a emergência da paisagem como fenômeno social, percebido e vivenciado pela sociedade. Assim as obras “Cosmos” de Alexander Von Humboldt, “Geografia comparada” de Carl Ritter e “Antropogeografia” de Friederich Ratzel são alguns exemplos clássicos em que o conceito de paisagem foi utilizado como método e transcrição de dados de diferentes áreas do planeta.

Tradicionalmente diferenciada pelos geógrafos entre paisagem natural e paisagem cultural, o estudo da paisagem exige um enfoque, do qual se pretende fazer uma avaliação definindo os elementos envolvidos, a escala a ser considerada e a temporalidade da paisagem. Trata-se, portanto, da apresentação do objeto em seu contexto geográfico e histórico.

Karl Troll (1939) em sua proposta metodológica no estudo da paisagem a partir da transformação da mesma quando da apropriação pelo homem dá a raiz à *ecologia da paisagem*, designada pelo próprio autor como *geoecologia*, que

reagrupa os elementos da paisagem de um ponto de vista ecológico, dividindo-os em ecótopos e introduzindo um entendimento sistêmico das unidades geográficas.

Carl Sauer, geógrafo norte-americano, destaca a interação dos elementos naturais e antrópicos para o entendimento da paisagem. Para este autor não há como formar uma idéia de paisagem a não ser em termos de suas relações associadas ao tempo, bem como suas relações vinculadas ao espaço (SAUER, 1998). “Assim, no sentido corológico, a alteração da área modificada pelo homem e sua apropriação para seu uso são de importância fundamental. A área anterior à atividade humana é representada por um conjunto de fatos morfológicos. As formas que o homem introduziu são um outro conjunto” (SAUER, *op cit*, p.42)

A paisagem aqui é entendida como um sistema dinâmico que precisa ser interpretado e ter seus símbolos decifrados. A paisagem é compreendida como uma “construção cultural”, de ordem da imagem, seja esta, mentais, pintadas sobre uma tela ou mesmo capturadas remotamente em sensores orbitais.

Jean-Marc Besse (2006) afirma que além do visível, a paisagem revela algo, há que se ler a paisagem, extrair as “diferentes formas de organização do espaço, extrair estruturas, formas, fluxos, tensões, direções limites, centralidades e periferias”(BESSE, *op cit*). Este autor propõe a paisagem não como uma imagem, mas uma forma, e assim partir destas duas hipóteses (imagem X forma) constituem-se dois pólos extremos, entre os quais há uma tensão entre o ato de olhar do observador e algo que se deixa observar. E mesmo sendo a paisagem uma dimensão do visível, esta paisagem é o efeito ainda que “indireto e complexo de uma produção” (BESSE, *op cit*).

Desta forma, Besse (2006) propõe a paisagem como o efeito e a expressão evolutiva de um sistema de causas também evolutivas, ou seja, que as mudanças na cobertura florestal ou uma mudança nos modos de produção agrícola serão percebidos e traduzidos nas aparências visíveis. Percebe-se, então, o fato geográfico como uma inscrição na paisagem e o olhar geográfico foca nas impressões das atividades humanas que acontecem sobre e sob a superfície terrestre.

Mais genericamente, a presença humana está presente na paisagem, por isso as atividades humanas passam a integrar também os estudos sobre a paisagem. Mas não apenas porque a paisagem apresenta aos observadores elementos não-naturais como estradas, habitações, entre outras, mas, também, porque a natureza é humanizada pela intervenção do homem.

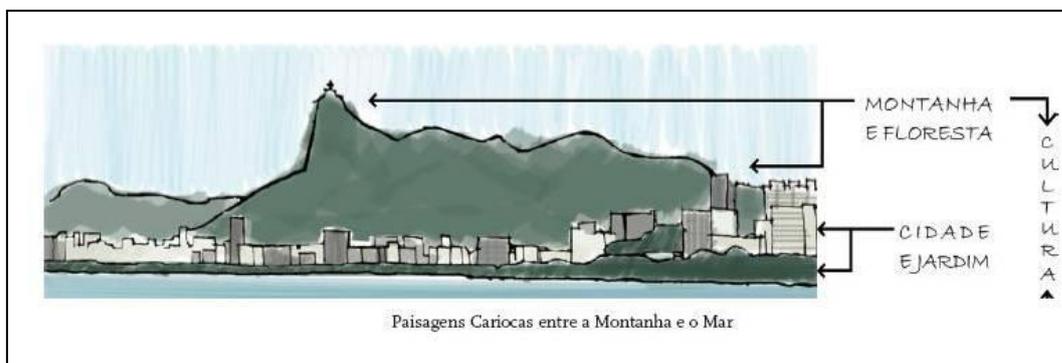


Figura 4: Paisagem carioca apresentada no Dossiê do Patrimônio Mundial.
Fonte: UNESCO, 2010.

Se a presença e as atividades humanas estão na paisagem pode se entender as cidades como marcas na paisagem. As cidades, segundo Capel (1975), podem ser definidas de duas maneiras, uma primeira definição teórica do centro urbano contrapondo à idéia de rural; e outra definição mais concreta, utilizada em cada país para determinar com fins “estadísticos” o urbano, um limite entre cidade e núcleos rurais ou semi-rurais.

Para Capel (*op cit*) a cidade e o urbano se apresentam com características consideradas essenciais, como, a existência de intercâmbios comerciais, função política e militar, instituições, organização social relativamente diferenciada; e também definições ecléticas, ligadas às idéias de complexidade do urbano, sintetizadas nas diversas características reunidas. A cidade então é entendida como fenômeno do modo de produção e reprodução do espaço (sistema econômico vigente).

Cosgrove (1998), afirma que as paisagens das cidades modernas são construídas através do uso de formas geométricas, racionais, em seus planos diretores, como sistemas de vias em círculos, quadrados ou dispostos como tabuleiros de xadrez, formas “perfeitas” que diferem do “caos” das formas naturais da paisagem. Este autor relaciona diretamente a paisagem à cultura, que

as formas visíveis são representações de discursos e pensamentos, transportando a paisagem para um lugar simbólico. Assim a paisagem se faz através da criação de uma unidade visual onde seu caráter é determinado pela organização de um sistema de códigos, de significados. Desta forma abre-se uma dialética entre o concreto e o abstrato, ao longo da questão do entendimento da paisagem, seja em termos materiais ou de significação.

Dentro deste contexto a construção da idéia de urbano se apresenta na paisagem através das cidades, mas não sendo limitadas a elas. Lefebvre distingue o urbano da cidade porque ele “aparece e se manifesta no curso da explosão da cidade, mas ele permite reconsiderar e mesmo compreender certos aspectos dela que passaram despercebidos durante muito tempo: a centralidade, o espaço como lugar de encontro, a monumentalidade etc.” (LEFEBVRE, 2008). O conceito de urbano envolve as cidades da antiguidade, (polis) com característica mais política, medieval, de características mercantis e também a cidade industrial, ou a não-cidade.

O autor postula que no momento da cidade antiga, o uso e o valor de uso ainda definiam o emprego do tempo. Nas formas tradicionais de cidade, a troca e o valor de troca ainda não romperam todas as barreiras, nem se apoderaram de todas modalidades de uso. Nesse sentido as cidades antigas são e permanecem obras, e não produtos.

A indústria surgiu efetivamente como a não-cidade (LEFEBVRE, *op cit*). Ela se implantou e desenvolveu de acordo com as fontes de energia, de matérias-primas, de mão de obra, e atacou as cidades “destruindo-as, dissolvendo-as” (LEFEBVRE, 1986). A indústria fez a cidade crescer desmesuradamente e provocou a “explosão” de suas características antigas, no movimento que o autor chama de fenômeno de implosão-explosão.

“Com a indústria, tem-se a generalização da troca e do mundo da mercadoria, que são seus produtos. O uso e o valor de uso quase desapareceram inteiramente, não persistindo senão como exigência do consumo de mercadorias, desaparecendo quase inteiramente o lado qualitativo do uso. Com tal generalização da troca, o solo tornou-se mercadoria; o espaço, indispensável para a vida cotidiana, se vende e se compra. Tudo o que constituiu a vitalidade da cidade como obra desapareceu frente a generalização do produto.” (LEFEBVRE, 1986).

Analisando, então, a cidade, critérios quantitativos e critérios qualitativos podem ser utilizados para “lê-la”. A partir de critérios qualitativos pode-se destacar o estado jurídico, sua função administrativa, o aspecto de núcleo (existência de um centro administrativo, comercial ou financeiro, por exemplo), existência de determinados serviços; e quanto aos critérios quantitativos: número de habitantes, porcentagem da mão de obra não agrícola. De acordo com o autor a problemática urbana foi produzida pela combinação do crescimento quantitativo da produção econômica que produziu um fenômeno qualitativo novo: a problemática urbana.

O urbano trata-se, antes de tudo, de uma forma: a do encontro e da reunião de todos os elementos da vida social (trivialmente: os produtos agrícolas) até os símbolos e as obras ditas culturais. “Em meio ao processo negativo da dispersão, da segregação, o urbano se manifesta no encontro, na reunião, na troca de informação” (LEFEBVRE, 1999). A simultaneidade é uma característica do espaço urbano.

Neste ponto, se afirma, também, que a cidade é produto do modo de produção (este último entendido como a sociedade) e que o urbano engloba as cidades (Antiga, mercantil e industrial) e se apresenta com um caráter revelador da (re) produção do espaço. O espaço é entendido como um híbrido localizado nas tensões dialéticas dos três momentos de sua compreensão (percebido, vivido e concebido) (LEFEBVRE 1991), um sistema composto por elementos fixos e fluxos (SANTOS, 1996).

Lefebvre (*op cit*), propõe a idéia de três principais forças, que a partir da segunda metade do século XX, se apresentam na tensão dialética para a compreensão do espaço. O Estado, consolidado em escala mundial que planeja e organiza a sociedade “racionalmente” com a ajuda do conhecimento e da tecnologia, “impondo análogo senão homólogo, medidas irrespectivas da política, ideológica e de fundamentação histórica, ou origem de classes naquele poder” (LEFEBVRE, *op cit*). Dando forma ao espaço Hegeliano onde o estado moderno promove e impõe a si próprio como centro estável – definitivo – das sociedades (nacionais) e espaços. Impõe uma lógica que ponha fim às contradições e conflitos (entropia social)

Nesse mesmo espaço há outras forças, geradas em oposição à racionalidade de estado, suas técnicas, planos e programas. A violência do poder respondida pela violência da subversão, inevitáveis transgressões ao estado imposto. Além da classe trabalhadora.

Assim, “o espaço (social) é um produto (social)” (LEFEBVRE, 1991). O espaço apropriado pelo modo de produção presente, pela sociedade como se apresenta hoje, um conjunto de realidades por si, uma realidade claramente distinta, embora muito parecida à assumida pelos mesmos processos globais de commodities, dinheiro e capital. Embora esta afirmação possa parecer um paradoxo, pensa-se que o espaço produzido pode servir, também, como ferramenta de pensamento e ação. “Uma maneira de produção (que envolve o controle, poder e dominação) é uma abstração, porém real no sentido que as abstrações concretas, como as commodities e o dinheiro são reais” (LEFEBVRE, *op cit*).

A dialética criada e debatida se percebe necessária para a geografia, não apenas pela divisão e incertezas que a teoria dos sistemas complexos traz para a ciência como um todo, mas para que se apreenda na paisagem as constantes mudanças ocorridas no espaço geográfico. As considerações tanto da ordem da relação homem/natureza, determinísticas ou não, daquilo que lhes dão um sentido e a que chamamos de cultura, devem fazer parte do olhar ou do “espírito Geográfico” (BESSE, 2006), para nortear nossa visão. Visão esta que identifique as significações materiais e abstratas, os símbolos e signos revelados, expressados e ocultos na paisagem. Para tal ressalta-se a importância de uma interação com a paisagem para tentar compreender o imaginário da sociedade que a produz, percebendo a paisagem como não apenas formas ou algo a ser descrito, mas analisada, pois ali está se apresentando o espaço geográfico naquele momento.

A partir destas diferentes formas de construção do espaço social pelo modo de produção, diferentes serão as respostas no espectro do visível. Ou seja é possível perceber as diferenças sociais pelos diferentes padrões de construção, por exemplo.

As favelas por exemplo se apresentam na imagem de satélite com formas caóticas de organização enquanto condomínios e bairros apresentam padrões mais “racionais” de ocupação do espaço (Figura 5).



Figuras 5 a e b: diferentes padrões de construção na zona sul do RJ e que refletem as diferentes relações da sociedade no espaço.

2.2. Transformações e evolução da paisagem geomorfológica

Neste capítulo busca-se conceituar teoricamente os movimentos de massa, as cicatrizes erosivas provocadas por estes, sua relevância na evolução da paisagem geomorfológica e apresenta uma contextualização da tecnologia atual de sensoriamento remoto na obtenção de dados sobre deslizamentos e o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na classificação e qualificação destes dados.

A idéia de transformação da paisagem é estudada há tempos na ciência geográfica. William Morris Davis foi, talvez, o primeiro autor a sistematizar a idéia de uma evolução cíclica das formas de relevo em uma escala de tempo geológica que compreendia períodos de soerguimentos tectônicos e períodos de rebaixamento do nível de base, que desencadearia a degradação das formas da paisagem (DAVIS, 1889). Penck (1953) acreditava que a evolução das vertentes seria um processo diferencial que se realizava através de dois fatores agindo em conjunto: levantamento crustal e denudação. A interação destes fatores é que gerariam as formas côncavas, convexas ou retilíneas (recoo paralelo das encostas) da paisagem.

Segundo De Martonne (1943) as superfícies aplainadas eram, genericamente, interpretadas no território brasileiro como resultantes de processos de peneplanização atuantes desde um passado remoto. Ruellan (1944) adicionou à tectônica a influência dos movimentos eustáticos quaternários, responsáveis pela formação dos níveis mais baixos do relevo.

Meis (1982) expõe a controvérsia sobre as interpretações geodinâmicas. De acordo com “as premissas assumidas pelos diversos autores, o escalonamento das superfícies de erosão vem sendo considerado como consequência seja de variações na intensidade do soerguimento crustal e/ou profundas mudanças climáticas, refletindo os impasses que envolvem as classificações morfoestruturais (Gerasimov, 1946) e morfoclimáticas (Tricart e Cailleux, 1955, p.1489)”.

Segundo Meis & Monteiro (1979), diversas fases de intensa atividade erosiva nos regolitos foram responsáveis pelas formas côncavas, ou rampas ou “hollows”, com diferentes configurações de anfiteatro. Coelho Netto e colaboradores apontam para a existência de movimentos rápidos e, por vezes, catastróficos na evolução da paisagem geomorfológica do Sudeste brasileiro.

Existem diferentes tipos de movimentos de massa, dentre os quais pode se destacar os deslizamentos nas encostas. Sua interferência em atividades humanas, escala de magnitude, complexidade de causas e mecanismos envolvidos justifica sua importância como objeto de estudo.

Pode-se afirmar que os movimentos de massa são, junto com os processos de intemperismo, fenômenos naturais da dinâmica externa que modelam a paisagem da superfície terrestre (FERNANDES & AMARAL, 2000). No entanto, anualmente, esses movimentos de massa causam notoriedade pelos elevados prejuízos à sociedade.

A região do SE brasileiro, em função de suas condições climáticas e geográficas específicas, está sujeita aos desastres associados a movimentos de massa nas encostas. Além da frequência elevada dos de origens natural relacionados às encostas íngremes e ao grande volume de precipitação, muitos também estão associados à ação do homem. O Rio de Janeiro convive com essa

alta incidência de movimentos de massa induzidos por cortes de estrada, construção de moradias, desmatamentos, disposição irregular de lixo, obras de drenagem mal realizadas entre outros.



Figura 6: Movimento de massa na encosta a montante do túnel Rebouças, Rio de Janeiro, 2008.

Fonte: Arquivo O Globo.

Na natureza existem diversos tipos de movimento de massa que envolvem uma complexa trama entre materiais, processos e fatores condicionantes. Dentre os critérios para distinção entre esses movimentos de massa o tipo de material, a velocidade e o mecanismo do movimento, o modo de deformação, a geometria da massa e o conteúdo de água podem ser apontados (SELBY, 1993 apud FERNANDES & AMARAL, 2000). Com essa variedade de critérios é vasta a literatura de classificação de deslizamentos e conflitos com relação a terminologia (TERZAGHI, 1950)

Varnes (1978 apud GUARIGUATA, 1990) é ainda um dos autores mais utilizados, seu esquema proposto baseia-se, simplesmente, no tipo de movimento e no tipo de material transportado. O glossário multilíngue (WP/WLI, 1994) considera os seguintes tipos de movimentos: quedas, escorregamentos, corridas, tombamentos e espraiamento. No Brasil pode-se destacar os trabalhos de Freire (1965), Guidicini e Nieble (1984) e IPT (1991).

Além das classificações mais genéricas propostas de abrangência mais local também podem ser destacadas Jones (1973) que dividiu os deslizamentos em quatro grupos: deslizamentos seguidos de corrida, deslizamento de detritos, corrida de detritos e quedas ou deslizamentos de rocha. Costa Nunes *et al* (1979) dividiram os deslizamentos nas encostas do Rio de Janeiro como movimentos de lascas e blocos rochosos imersos em solo residual com plano de ruptura junto à superfície da rocha; movimento envolvendo rocha alterada e complexos coluviais devido a chuvas excepcionais.

Este capítulo não visa descrever ou comparar os diferentes sistemas de classificação de movimentos de massa, serão consideradas como classes de movimento de massa, efetivamente, os movimentos de massa propostos de acordo com o classificação de Varnes: translacional raso ou rotacional. E como os perfis de solo no maciço da Tijuca não são espessos o suficiente para que ocorra o movimento rotacional assume-se que todos os movimentos de massa ocorridos no maciço da Tijuca são translacionais rasos em 2010. Na figura 12 são apresentadas as diferentes classificações de movimentos de massa de acordo com a literatura utilizada.

Classificação dos Movimentos de Massa	
IPT (1991)	Rastejo
	Corrida de Massa
	Escorregamentos
	Quedas/Tombamentos
Varnes (1978)	Tipo de Movimento (Rotacional e Translacional)
	Tipo de material
WP/WLI	Quedas
	Escorregamentos
	Corridas
	Tombamentos
	Espraiamento
Selby (1993)	Tipo de material
	Velocidade
	Modo de deformação
	Geometria da massa
	Conteúdo de Água
Jones (1973)	Deslizamentos seguidos de corrida
	Deslizamentos de Detritos
	Corridas de Detritos
	Queda ou Deslizamentos de Rochas
Costa Nunes et al (1979)	Movimentos de Lascas ou Blocos em Solo Residual com Planos de Ruptura Junto a Superfície da Rocha
	Movimentos Envolvendo Rochas Alteradas e complexo Coluviais Devido às Chuvas Excepcionais

Figura 7: Classificações de Movimentos de Massa

Termos mais gerais como queda de barreira, desbarrancamento, deslizamento, ou mesmo, o equivalente em inglês, *landslide*, fazem parte do nosso cotidiano e da literatura para a definição de movimentos de massa. Nesta dissertação serão considerados movimentos de massa as feições que se caracterizam como movimentos rápidos, de curta duração, com plano de ruptura

bem definido, permitindo a distinção entre o material deslizado e aquele não movimentado (FERNANDES & AMARAL, 2000) (Figura 7).

Quanto a forma dos planos de ruptura os movimentos de massa se dividem em dois sub-tipos: translacionais e rotacionais. O material mobilizado por ser rocha, solo ou uma mistura entre solo e rocha. Em espaços urbanos pode-se observar, inclusive, a mobilização de lixo doméstico, considerado por Oliveira (1995) como uma “unidade geológica do quaternário”, com comportamento geomecânico bem definido normalmente associado ao alto risco de acidentes.



Figura 8: Exemplo de movimento de massa visualizado a partir da imagem IKONOS 2010.

Os escorregamentos rotacionais – ou *slumps* – possuem uma curvatura côncava para cima, ao longo do qual se dá o movimento rotacional da massa de solo (FERNANDES & AMARAL, 2000) e estão associados a períodos intensos de precipitação. Os autores ressaltam que esse tipo de escorregamento é comum em diversos lugares do sudeste brasileiro devido à presença de espessos mantos de alteração.

Os escorregamentos translacionais representam as formas mais frequentes de movimento de massa. São em geral compridos, rasos, onde o plano de ruptura encontra-se na maioria das vezes em profundidades entre 0,5 m e 5,0 m. Ocorrem, na grande maioria das vezes, como os rotacionais, associados a períodos de intensa precipitação. Muitos são originados no contato solo-rocha, que representa uma importante descontinuidade hidráulica (FERNANDES & AMARAL, 2000).

As quedas de blocos são movimentos rápidos de blocos e / ou lascas de rocha caindo pela ação da gravidade sem a presença de uma superfície de deslizamento. Ocorrem nas encostas íngremes de paredões rochosos e contribuem para formação dos depósitos de tálus. É favorecida pela presença de descontinuidades na rocha como fraturas, bandamentos, ou avanço dos processos de intemperismo físico e químico.

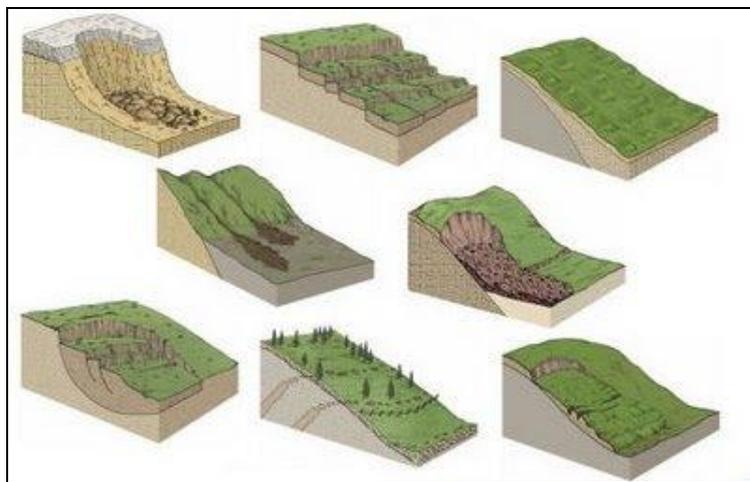


Figura 9: Diferentes tipos de movimentos de massa.
Fonte: Portocarrero, 2008.

GUARIGUATA (1990), analisando uma área montanhosa em Porto Rico, observou que os movimentos de massa não são distribuídos de forma homogênea na paisagem e sua ocorrência demonstra uma grande variabilidade temporal. Quando não há influência direta do homem, a distribuição espacial dos movimentos de massa apresentou relações com os fatores geológicos, ocorrendo principalmente em áreas de rochas intrusivas fortemente atacadas pelo intemperismo. Neste estudo o autor verificou que os movimentos de massa ocorreram independentemente do aspecto, porém em 70% dos casos analisados a declividade média variou entre 30° a 40°. Atestando para a importância da declividade para o desencadeamento de movimentos de massa.

Na escala espacial, embora a frequência de ocorrência de movimentos de massa esteja fortemente associada aos eventos pluviométricos (MOUSINHO DE MEIS & SILVA, 1968; GUARIGUATA, 1990; dentre outros), a susceptibilidade aumenta diretamente com a cobertura e uso do solo.

A importância das condições da floresta associada à sustentabilidade do ecossistema é tema de diferentes autores que ressaltam a importância do papel que ela desempenha em relação à resistência aos eventos erosivos (PRANDINI et al. 1976; COELHO NETTO, 1996; OLIVEIRA et al. 1996). Oliveira ET AL (1997) contabilizou um total de 104 cicatrizes erosivas após os eventos pluviométricos de 1996, dos quais 43,2% ocorreram às áreas sob o domínio de vegetação de gramíneas, 42,3% sob domínio de áreas de matas degradadas, 1,9% em secundárias tardias e 2,8% em matas conservadas. A autora computou ainda o total de solos expostos em decorrência do fenômeno, resultando em 20 ha, 39 ha, 13 ha e 0,8 ha nas áreas de gramíneas, mata degradada, secundárias tardias e conservadas, respectivamente. CRUZ et al. (1998) expõem que além da vegetação parâmetros morfológicos, tais como declividade e aspecto, também são apontados como fatores condicionantes de movimentos de massa.

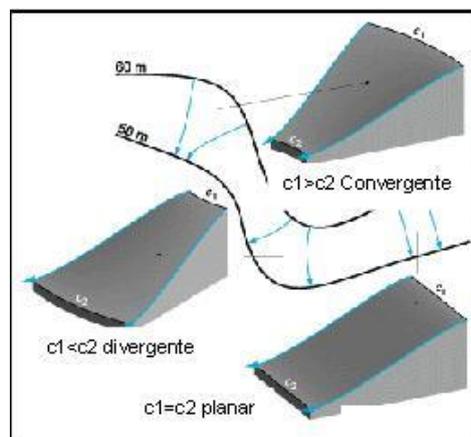


Figura 10: Comportamento dos fluxos hidrológicos em função da morfologia da encosta.
Fonte: Portocarrero, 2008.

Assim a ocorrência de movimentos de massa está associada à declividade, orientação, forma das encostas, períodos e eventos de grande volume de precipitação além da cobertura vegetal e do uso do solo perfis de solo. Resulta em uma grande movimentação de diversos materiais e quando ocorre em área

florestada provoca, também, uma interrupção no processo de sucessão ecológica e abre verdadeiras clareiras na floresta deixando cicatrizes na paisagem.

Essas cicatrizes de movimentos de massa em encostas florestadas assemelham-se em efeito de aberturas de clareiras na floresta, porém as respostas do ecossistema aos processos desencadeados após a o movimento de massa são diferentes de clareiras provenientes de quedas, desmatamentos e queimadas. As cicatrizes originadas por movimentos de massa não têm disponível para a recolonização da encosta os mesmos recursos, uma vez que, não apenas o banco biogênico (planta, plântulas e sementes), mas também muita quantidade de solo é perdida em boa parte de sua extensão. A falta desses elementos físicos e bióticos ao longo da cicatriz, associada à declividade do terreno podem retardar o processo de sucessão vegetal (MONTEZUMA, 2005).



Figura 11: Cicatriz de movimento de massa ocorrido (Abril, 2010) com perda da camada de solo expondo substrato rochoso.

Fonte: Foto: Thiago Haussig.

A dinâmica de ocorrência dos movimentos de massa e as conseqüentes alterações em uma determinada área constituem um importante fator de transformação da paisagem (MONTEZUMA, 2005). A freqüência que os deslizamentos ocorrem e a magnitude desses fatores desencadeadores desse

processo podem ser consideradas como causas efetivas de perda da sustentabilidade da floresta, com conseqüências sociais e econômicas diversas.

O Maciço da Tijuca, por apresentar encostas íngremes associadas a solos de origens distintas (ROSAS, 1991), com a cobertura florestal em diferentes estágios sucessionais, sob pressão do espaço urbano (que variam desde trilhas e estradas a formas de ocupação que resultam na impermeabilização do solo) é lugar de diversos tipos de movimentos de massa.

MEIS & SILVA (1968) destacam que esse mosaico de usos e coberturas associados à forma das encostas e ao embasamento rochoso acarreta a desestabilização das encostas durante chuvas intensas, principalmente no verão.

SILVA FILHO (1992) atribui às curvaturas das Estradas Dona Castorina e Vista Chinesa a causa da desestabilização, como conseqüência das canalizações de fluxos concentrados provenientes das estradas. ZAU (1994) destaca que as alterações na cobertura vegetal repercutem nas repostas hidrológicas através da modificação das condições do ambiente de passagem da água precipitada ao longo dos diferentes estratos da vegetação, interferindo diretamente na interceptação, redistribuição e infiltração no solo, acentuando o trabalho erosivo nas encostas.

Deste modo o aumento da abertura de estradas apresenta uma relação causal direta com movimentos de massa em áreas montanhosas, seja por promoverem a fragmentação ou aumento das áreas de borda (SAUNDERS et al. 2002), seja através da concentração de fluxos superficiais a partir da impermeabilização da superfície, que transforma a distribuição da água nas encostas, aumentando potencialmente os picos de fluxos nos canais, causando em alguns casos, voçorocamentos a jusante que se interconectam com a rede de drenagem que promovem os mais diferentes efeitos geomorfológicos.

COELHO NETTO (1996) aponta que ao longo do processo de degradação a morte de espécies vegetais na superfície apresenta a subsequente decomposição do sistema radicular correspondente, tornando-se, assim, fator importante na saturação da água no solo. Nestas áreas é comum a substituição da vegetação por gramíneas, que torna o processo erosivo mais grave ao gerar descontinuidade

hidráulica através do adensamento de suas raízes adventícias nas camadas mais superficiais do solo.



Figura 12: Movimentos de massa ocorridos sob cobertura de gramíneas em zonas de convergência de fluxos.

ROCHA LEÃO (1997) destaca que a grande extensão da abertura no dossel florestal, a exposição dos horizontes minerais do solo em amplas áreas das encostas e as relações diretas com atividade hidro-erosiva, inclusive com a formação de ravinas que podem evoluir para voçorocamentos, constituem-se em especificidades das cicatrizes de movimentos de massa.

Desta forma pode-se entender que os movimentos de massa ocorrem de forma natural na paisagem montanhosa do Rio de Janeiro e que são elementos presentes na dinâmica da evolução geomorfológica do relevo. A ocorrência destes movimentos de massa esta associada a fatores bióticos, abiótico e eventos extremos de precipitação. Pode se construir correlações com a ocorrência de alguns destes movimentos de massa a ação do homem na paisagem, tais como a supressão da vegetação, cortes de estrada, ocupações irregulares entre outros.

2.3. Uso do Sensoriamento Remoto e de SIG's e a Investigação de Deslizamentos

A investigação de movimentos de massa, em geral, envolve diferentes métodos e técnicas dentre os quais podemos destacar o uso de imagens de satélite, radares, fotografias aéreas, fotografia de helicópteros, mapeamentos de campos além da instrumentação de encostas escorregadas e ensaios.

Imagens de satélite e radar são apropriadas para a coleta rápida de dados visando a preparação de mapas temáticos de geologia, geomorfologia, uso e cobertura entre outros e permitem o mapeamento dessas feições em uma região geográfica mais ampla. O rápido aprimoramento de sensores, o refinamento na resolução espacial dos sensores e o aumento da potência dos computadores atuais apresentam um desenvolvimento significativo na utilização desses instrumentos no estudo de casos de movimentos de massa.

O processamento e tratamento desses dados fazem uso de ferramentas objetivas e interpretações subjetivas, baseados na digitalização, informatização e análise dos dados. Os SIG's funcionam como um conjunto de facilidades e instrumentos computacionais para o arquivo, gerenciamento e apresentação desses dados espaciais. Trabalhos sobre o uso do SIG em estudos de deslizamentos (DIKAU 1993; BRABB, 1993) revelam que sua aplicação, iniciada nos anos 70 e ampliada nos anos 80, em função, principalmente, do desenvolvimento dos sistemas comerciais (Arc Info, Intergraph. Spans, Idrisi e outros) e à crescente disponibilidade de PC's, vive um verdadeiro *boom*.

Estudos elaborados por Riedel *et al* (2007) apontam que o acompanhamento destes processos são uma necessidade e os produtos de sensoriamento remoto, associados às técnicas de processamento digital de imagem, têm grande contribuição a dar à ciência geográfica.

A classificação automática, baseada na classificação pixel a pixel não fornece bons resultados para o reconhecimento de cicatrizes (McDermid & Franklin, 1995). Os autores sugerem que uma abordagem que considere a informação geomorfológica e o formato das cicatrizes pode apresentar mais sucesso do que as técnicas convencionais de classificação.

Barlow et al (2003) obtiveram bons resultados na extração automática de cicatrizes de escorregamento translacional na região de British Columbia, no Canadá, com a utilização de uma classificação hierárquica, que associou a segmentação de imagem do Landsat 7 ETM+ , ao índice normalizado de vegetação (NDVI) e dados geomorfológicos, mais especificamente o modelo digital de elevação, eliminando todas as áreas da imagem onde havia vegetação ou onde a inclinação do terreno fosse menor que 15º. As áreas remanescentes, após a eliminação de porções da imagem onde o processo não se desenvolve, foram classificadas com a segmentação associada à classificação supervisionada. A técnica obteve bons resultados na detecção de cicatrizes, com algumas limitações inerentes à resolução do produto utilizado.

2.4. O desenvolvimento da tecnologia SIG

As primeiras tentativas de automatizar parte do processamento de dados com características espaciais aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, nos anos 50, com o principal objetivo de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas. Devido à insipiência da informática na época, e a especificidade das aplicações desenvolvidas (pesquisa em botânica, na Inglaterra, e estudos de volume de tráfego, nos Estados Unidos), estes sistemas não são classificados como “sistemas de informação”.

Segundo Câmara (1993) os primeiros Sistemas de Informação Geográfica surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Estes sistemas eram muito difíceis de usar: não havia monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente caros, e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima. Não existiam soluções comerciais prontas para uso. Associado a este cenário crescente ainda, a baixa capacidade de armazenamento e a velocidade de processamento bem mais lenta.

Durante a década de 70 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de hardware, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais.

Neste contexto a expressão *Geographic Information System* foi criada. Foi também nesta época que começaram a surgir os primeiros sistemas comerciais de CAD (Computer Aided Design, ou projeto assistido por computador), que melhoraram em muito as condições para a produção de desenhos e plantas para engenharia, e serviram de base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada.

Nos anos 80 a tecnologia de sistemas de informação geográfica inicia um processo acelerado de crescimento espetacular que dura até os dias de hoje. Com a grande popularização e barateamento das estações de trabalho gráficas, além do surgimento e evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais, ocorreu uma grande difusão do uso de SIG.

A incorporação de muitas funções de análise espacial proporcionou também uma abertura para as possíveis aplicações de SIG. Atualmente um grande crescimento do ritmo de penetração do SIG nas organizações é observado, possivelmente possibilitado pelos custos decrescentes do hardware e do software, e também pelo surgimento de alternativas menos custosas para a construção de bases de dados geográficas.

2.5. O desenvolvimento das técnicas de sensoriamento remoto

Geralmente a idéia de sensoriamento remoto está ligada a captura, observação e percepção de objetos à distância. Desta forma os sensores não estão em contato direto com o objeto ou evento analisado, precisando, desta forma, de um meio físico para a viagem da energia refletida pelo objeto, ou evento, ao sensor.

Em geral as radiações eletromagnéticas são utilizadas como esse meio para conduzir a informação ao sensor. A saída dessa informação é sempre uma imagem, que precisa ser processada para que se possa extrair o máximo de informações que ela permitir através de sua análise e interpretação. Desta forma, pode-se considerar a nossa visão como o sensor mais sofisticado de sensoriamento remoto.

Trabalhando com um campo semântico mais restrito o sensoriamento remoto é considerado como a tecnologia de aquisição de imagens terrestres a partir de aeronaves, balões, satélites e espaçonaves. Desta forma podemos trazer para os dias atuais a idéia proposta por Gui Debord (1997), de que a imagem é a acumulação de capital em níveis espetaculares.

Os sensores óticos são sensores passíveis que recebem a energia refletida pelos objetos sobre a superfície terrestre, para isso sua órbita está em sincronia com as primeiras horas da manhã do local por onde o satélite está passando (por volta de dez horas local).

As imagens produzidas se parecem muito com as obtidas através de máquinas digitais, com a diferença que essas são obtidas a algumas centenas quilômetros de altura. Esses sensores trabalham com as frequências de ondas no campo do visível e do infra-vermelho próximo.

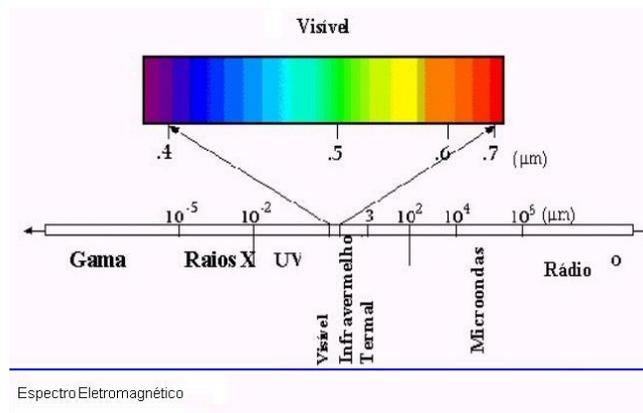


Figura 13: Espectro eletromagnético e bandas captadas pelas lentes do sensor ótico multispectral Ikonos.

Fonte: www.nima.puc-rio.br

Desta forma a água, o solo, a cobertura vegetal, os prédios, ruas, praças, enfim, todos os objetos, feições e estruturas que ocupam a superfície terrestre refletem no espectro do visível e do infravermelho próximo de diferentes maneiras

à energia enviada pelo sol. Essas imagens geradas são, na sua grande maioria, digitais.



Figura 14: Exemplo de imagem Ikonos onde pode se observar os diferentes tipos de uso e cobertura do solo.

Fonte: SEA/NIMA.

Assim os sensores são caracterizados de acordo com o comprimento de bandas espectrais empregados na aquisição da imagem, sua resolução espacial, sua resolução espectral e seu tempo de revisita. Quanto a resolução espacial as imagens se dividem em: baixa resolução (pixel de 1 quilometro ou mais), media (pixel entre cem metros e um quilometro), alta (pixel entre cinco e cem metros) e altíssima (com pixel menor que cinco metros, podendo chegar a 60 centímetros). A resolução espectral pode ser classificada de três maneiras diferentes: óticos, térmicos ou radar, este último um sensor ativo.

Os sensores óticos e termiais podem ser classificados pelo número de bandas espectrais que trabalha, a saber: mono espectral (trabalha com uma banda pan-cromática, que trabalha com escalas de tons de cinza), multiespectral (com algumas bandas), superespectral (que trabalha com algumas dezenas de bandas espectrais) e, finalmente, hiper-espectrais (que trabalham com centenas de bandas).

Os sistemas de radar são classificados pela combinação de frequência de bandas e polarizações utilizadas no momento da aquisição. Por serem sensores ativos, o SAR não necessita de luz do dia ou atmosfera “limpa”, sem nuvens ou nevoeiros. É enviado um pulso da base e as respostas desse pulso pelos objetos e feições na terra constroem a imagem. É utilizado com sucesso em mapeamentos na Amazônia.

As imagens são representações bi-dimensionais da superfície terrestre e podem ser entendidas como matrizes compostas por *pixels*, cada um com um valor de intensidade e uma localização. O valor de intensidade representa a quantidade de energia medida pelo sensor em um dado comprimento de onda a partir da reflectância do objeto em terra. É, geralmente, uma média de valores entre as diferentes coberturas (figura 14).

A localização do *pixel* é dada pelas coordenadas de linha e coluna na imagem bi-dimensional. Existe uma relação de um para um entre as linhas e colunas de localização do *pixel* e sua posição correspondente na terra (latitude e longitude, por exemplo) (Figura 14).

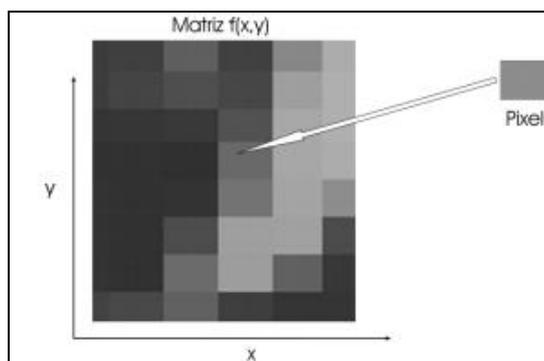


Figura 15: *Pixels* que compõem as imagens de satélite e sua correlação com uma matriz.

Enfim, esse valor de intensidade do *pixel* é gravado e como um número digital que varia de acordo com a quantidade de dígitos binários (*bits*) que compõem a imagem (8 *bits* ou 11 *bits*). Esse número de *bits* determina a resolução radiométrica da imagem. Por exemplo, em uma imagem de 8 *bits* os números

digitais variam de 0 à 255, enquanto em uma imagem de 11 *bits* esse os valores variam de 0 a 2047 (figura 15).

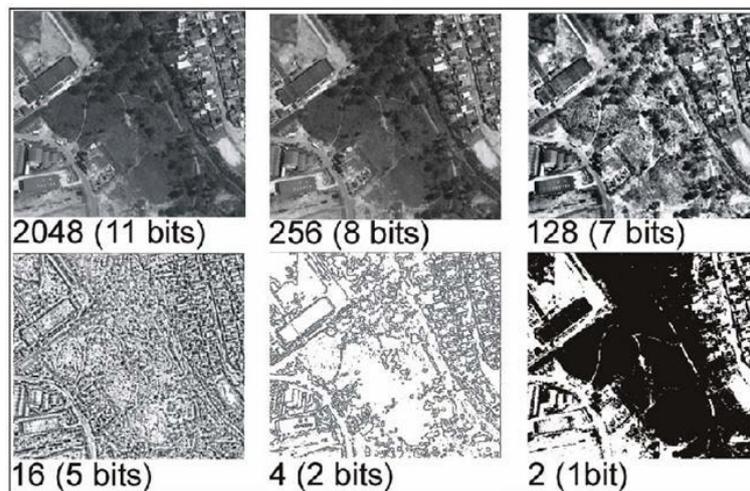


Figura 16: Resolução radiométrica.

Assim, pode-se afirmar que diferentes tipos de resoluções possibilitam estudos e caracterizações do comportamento dos objetos da superfície terrestre, de maneira simultânea, em vários comprimentos de onda do espectro eletromagnético. A *resolução espacial* determina a menor distância entre dois objetos que o sensor pode identificar como alvos diferentes, a *resolução radiométrica* refere-se à sensibilidade do sensor, esta quanto maior, maior será a capacidade de detectar variações da energia que recebe da terra (que será convertida em um número maior de níveis de cinza de acordo com *bits*) e finalmente a *resolução temporal* que se refere à frequência na passagem do satélite sobre uma mesma área (SIMONETTI, 1983).

Em conjunto com o SIG, importante ferramenta que surgiu nos últimos tempos, o sensoriamento remoto se mostra como uma técnica sofisticada e útil no auxílio da compreensão da complexidade do espaço geográfico e suas representações. Essas características fizeram com que essas tecnologias fossem rapidamente aceita no meio científico.

Câmara (1993), menciona como propriedades fundamentais de um SIG :

- Integrar numa única base de dados, as informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural imagens de satélite, redes e modelos numéricos do terreno.
- Combinar as várias informações através de algoritmos de manipulação para gerar mapeamentos derivados;
- Consultar, recuperar, visualizar e desenhar o conteúdo de base de dados geocodificados.
- Atualização e complementação dos dados

Este mesmo autor assinala que a característica básica geral de um SIG é a sua capacidade de tratar as relações espaciais e/os objetos geográficos (topologia). Assim, os SIG's têm superado o problema da manipulação de grandes volumes de dados que os métodos convencionais não resolveram. Por outro lado, o SR, como já foi indicado, é uma ferramenta que auxilia de maneira importante na caracterização do meio físico, biótico e antrópico. A integração otimizada destas duas ferramentas tem levado, nestes últimos anos, ao desenvolvimento de trabalhos que aproveitam estas qualidades, em áreas onde a atividade humana e os recursos naturais constituem os alvos principais de atenção.

São muitas as investigações e trabalhos desenvolvidos nestes últimos tempos mediante o emprego de imagens orbitais, determinando os efeitos nocivos causados no ambiente pelo homem. É uma realidade que grande parte dos desequilíbrios ambientais que ocorrem hoje em dia, como também o aumento das perdas materiais e vidas humanas são os resultados do mau manejo das terras como também das ocupações inadequadas dos espaços geográficos.

Um convênio assinado entre a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Secretaria do Meio Ambiente (SMA), formalizou a realização de uma análise ambiental da Área de Proteção Ambiental (APA) de Cairuçu no município de Parati, RJ. Através da análise de imagens Landsat e do uso de um SIG foram obtidos dados de risco de desmoronamentos, deslizamentos, erosão de solos e de

enchentes, assim como informações de potencial turístico e potencial de urbanização. No mesmo trabalho e com base em estimativas de urbanização e de riscos, fizeram uma avaliação de impactos futuros e simulações de situações ambientais hipotéticas. Assim, medidas corretivas e protetoras do ambiente foram possíveis como o apoio de um importante banco de dados geográficos obtido (Silva et al., 1988).

Amaral et al. (1993), na segunda parte do projeto GEORISCO, apresentaram a estrutura e utilização de um SIG que permitiu integrar o mapa de suscetibilidade a escorregamento e um banco de dados geotécnicos com informações sobre os acidentes associados a escorregamento e obras de contenção, feitas no passado nas encostas da cidade do Rio de Janeiro, geraram assim, produtos que ajudaram o gerenciamento dessas áreas de risco.

Sadowski (1992), trabalhou na determinação de áreas com probabilidades de risco de deslizamentos na serra de Cubatão, integrando dados geológicos e topográficos num SIG. Ele ressaltou a importância do uso do SIG pela possibilidade da imediata aplicação dos bancos de dados geológicos-geotécnicos, como também pela obtenção de cálculos de estabilidade de encostas e adequabilidade de fundações.

Valente (1996), mostrou a utilidade das técnicas de SR e SIG na determinação de áreas de risco a partir de um estudo realizado na região metropolitana de Porto Alegre, destacando também a importância da atualização contínua e multitemporal dos dados permitida por estas técnicas.