

# EXEMPLOS DO USO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NA AVALIAÇÃO DE OCUPAÇÕES EM ENCOSTAS

Examples of geoprocessing techniques usage in the evaluation of occupied slopes

JOSUÉ ALVES BARROSO \*

RENATO FONTES GUIMARÃES\*\*

SÉRGIO CABRAL \*\*\*

**RESUMO** - Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento para subsidiar a separação de áreas mais propensas à instabilidade em duas encostas densamente habitadas na Cidade de Petrópolis, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Para cada uma das áreas foram produzidos os seguintes mapas: na forma de MDTs (modelos digitais dos terrenos), interpolados a partir de análises estatísticas, de declividades e geotécnicas. Pelo cruzamento destes produtos digitais, monitorados pelas observações de campo, foram gerados mapas digitais com a delimitação de áreas com menor margem de risco à ocupação.

**SYNOPSIS** - This paper presents an application of geoprocessing techniques as an auxiliary method to the geotechnical evaluation of landslides hazards on occupied slopes. Two interpolated digital models derived from statistical analysis (MDTs) produced steepness and geotechnical maps to test the methodology on two distinct areas of Rio de Janeiro State - Brazil. The results led to some information that can be useful to help the decision of removal or permanence of the inhabitants in similar areas in tropical countries.

## 1 - INTRODUÇÃO

Nos grandes centros urbanos do Brasil é freqüente o problema da ocupação desordenada em áreas inadequadas, como resultado da pressão habitacional da população de baixa renda. Parte considerável dessa ocupação dá-se em encostas íngremes, num complexo pré-cambriano de rochas dobradas e fraturadas, em que o intemperismo do clima tropical úmido produz espessos mantos de alteração e depósitos de vertentes. Com as chuvas os processos de instabilização são agravados e a desordem ocupacional constitui-se num fator de intensificação das ocorrências, as quais, não raro, são fatais.

As múltiplas situações em que se repete o quadro acima descrito, e os custos envolvidos, inviabilizam ações completas de eliminação do problema. Por outro lado, um mínimo tem que ser feito em favor de uma postura de preservação do meio físico, para o que é necessário privilegiar medidas de caráter geral e de conscientização das populações locais. Em muitos casos estas ações podem assumir um caráter emergencial, exigindo a obtenção de um instrumento orientador de medidas que resultem na redução de riscos.

Nestas situações o geoprocessamento pode constituir-se numa ferramenta poderosa, permitindo integrar o conjunto de características que levam à definição de unidades geológico-geotécnicas em confronto com um mapa de declividades. Esses dois produtos,

---

\* Professor Titular, Universidade Estadual Norte Fluminense (UENF-RJ), Brasil

\*\* Professor Assistente, Universidade de Brasília (UNB-DF), Doutorando da UFRJ, Brasil

\*\*\* Professor Adjunto, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

complementados pelas observações de campo, possibilitam delimitar a distribuição de áreas passíveis de ocupação, bem como dotar de informações preliminares qualquer estudo que se pretenda realizar.

Portanto, neste artigo apresenta-se uma metodologia de aplicação do geoprocessamento, em relação à construção de MDTs (para a geração automática de mapas de declividades) e mapas temáticos digitais, de modo a servirem de base para condenar a ocupação de determinados setores de encostas, normalmente habitados por comunidades de baixa renda, e indicar áreas mais adequadas para possíveis relocações de moradias. É uma alternativa de abordagem expedita, de baixo custo e emergencial, para situações onde a alta densidade de ocupação torna praticamente inviável a hipótese de remoção completa da população.

## 2 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS ESTUDADAS

Para servirem como áreas testes, e de demonstração de resultados, foram selecionadas duas localidades situadas na Cidade de Petrópolis - Estado do Rio de Janeiro - Brasil, ambas com arcabouços geológico-geotécnicos semelhantes, mas com condições atuais de ocupação bastante diferentes: o Morro da Oficina e a Vila São Rafael (Figura 1). A Cidade de Petrópolis é uma cidade serrana onde periodicamente as chuvas intensas têm provocado muitos escorregamentos, com reflexos, quase sempre mais graves, nas áreas favelizadas.

O Morro da Oficina apresenta alta densidade populacional ocupando preferentemente as faixas médias e altas das encostas, onde têm sido registradas, com uma frequência crescente nos últimos anos, inúmeras ocorrências de escorregamentos. Como exemplo oposto, a Vila São Rafael tem baixa densidade ocupacional, embora muito concentrada na parte média inferior de um riacho que a drena longitudinalmente. Nela a ocupação é recente e registram-se apenas ocorrências de transbordamento do referido riacho, como resultado do estrangulamento de seu curso, a jusante da Vila, devido à extensão da urbanização da própria Cidade de Petrópolis.

Para cada uma das localidades foram definidas janelas, delimitadas pelas coordenadas UTM (Meridiano Central = - 45 graus) a seguir:

Vila São Rafael:	$E_{\min} = 688.600\text{m}$ e $E_{\max} = 690.100\text{m}$
	$N_{\min} = 7.508.500\text{m}$ e $N_{\max} = 7.509.300\text{m}$
Morro da Oficina:	$E_{\min} = 688.000\text{m}$ e $E_{\max} = 689.100\text{m}$
	$N_{\min} = 7.506.600\text{m}$ e $N_{\max} = 7.507.760\text{m}$

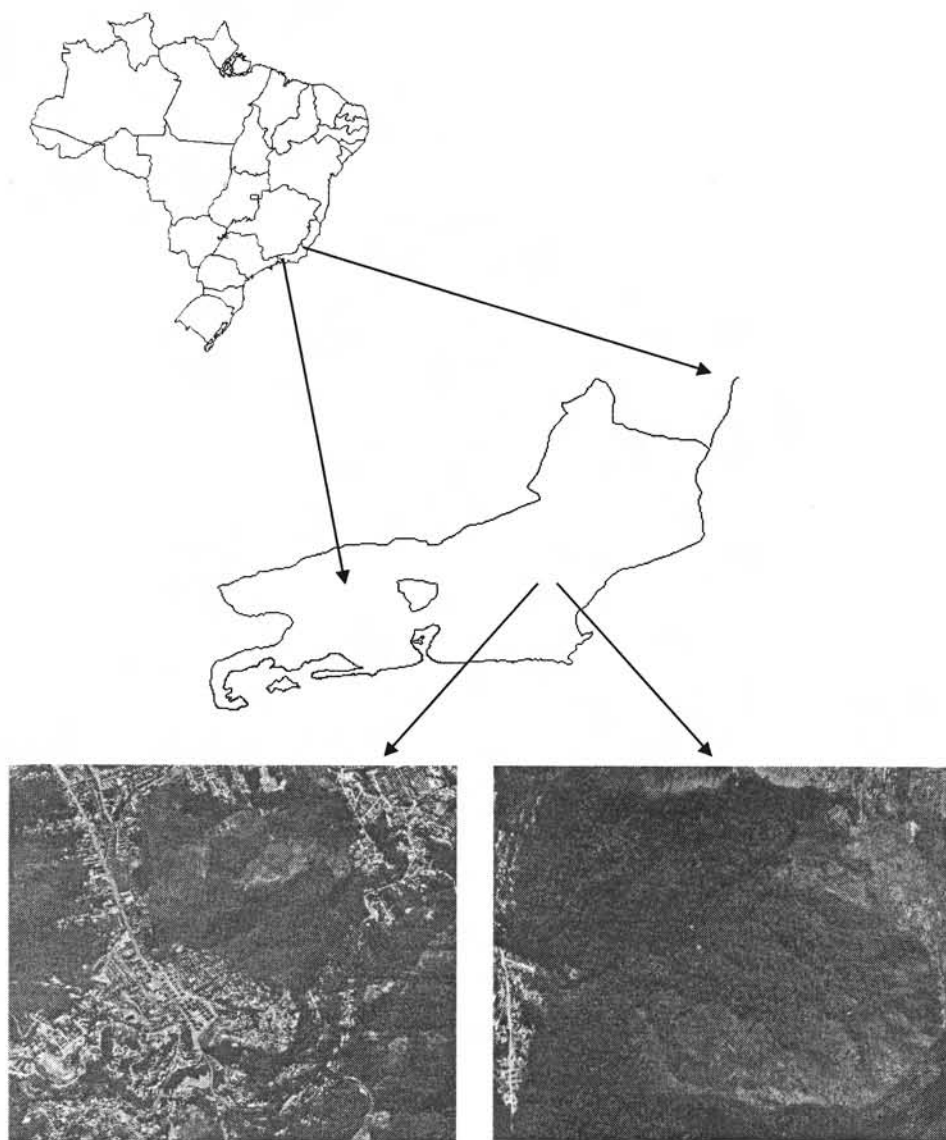


Figura 1- Mapas de localização e fotografias aéreas mostrando as duas áreas: Morro da Oficina (à esquerda) e Vila São Rafael (à direita)

### 3 - ASPECTOS FISIOGRAFICOS, GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS DAS ÁREAS

Ambas as áreas seleccionadas situam-se em domínio morfoestrutural montanhoso, de relevo alto (cotas médias acima de 1.000m), com escarpas abruptas e contornos acentuados, onde se destaca uma série de pontas rochosas do tipo “*pães-de-açúcar*”, orientadas obliquamente à direção NE-SW do escarpamento geral. Tais características resultaram de um sistema de falhas e fraturas que geraram cristas, algumas reduzidas pela erosão, e vales retilíneos de entalhes profundos. Pertencem a uma associação litológica de rochas pré-cambrianas representadas por: um agrupamento em uma unidade maior, denominada “*Complexo Migmático*”, que engloba as litologias mais antigas, e dois agrupamentos de rochas plutônicas, os quais, conjuntamente, têm

a denominação de “*Batólito Serra dos Órgãos*”, intrusivo na sequência de rochas metamórfico-magmáticas do primeiro agrupamento. Esses dois agrupamentos também foram diferenciados por metassomatismos, formando novas litologias, e cortados por intrusões ácidas posteriores, dando origem a rochas graníticas (UFRJ, 1980). É, portanto, um arcabouço geológico de extrema complexidade.

O Morro da Oficina, correspondente a uma parte da frente escarpada da Serra dos Órgãos, tem como característica marcante um grande afloramento rochoso, com a forma citada acima (*pão-de-açúcar*), alcançando a cota máxima de 1.150m, constituindo um conjunto de migmatitos com estrutura estromática e com domínios de biotita-gnaisses, regionalmente conhecido como *Unidade Santo Aleixo* (UFRJ, 1980). A presença desta elevação, e das demais escarpas rochosas, exerce uma influência decisiva na formação e distribuição das unidades geológico-geotécnicas de mapeamento. São fontes permanentes de lascas e blocos de rocha, os quais, concentrados na base ou distribuídos ao longo das vertentes, constituem os depósitos de materiais transportados das cotas mais altas (depósitos de tálus/colúvio). Por outro lado, em encostas menos íngremes, ou naquelas que se posicionam como contrafortes desta grande elevação, onde existem condições propícias ao desenvolvimento do processo de intemperização das rochas, é encontrada a unidade geológico-geotécnica neste trabalho denominada de solo residual. Em área plana, a noroeste, correspondente ao nível de base dos riachos que drenam o Morro da Oficina, ocorrem aluviões.

Na Vila São Rafael, embora não se encontrem as mesmas feições morfo-geológicas descritas acima para o Morro da Oficina, também estão presentes as mesmas unidades geológico-geotécnicas, cujas características e processos de formação são semelhantes. Trata-se da porção superior de um riacho muito bem encaixado, de forte gradiente longitudinal em uma bacia de forma próxima à elíptica, com desnível de aproximadamente 470m para cerca de 1.100m de comprimento, ladeada por vertentes íngremes onde são encontradas pequenas espessuras de solo e freqüentes áreas de afloramentos de rocha. O leito do riacho, desenvolvido predominantemente em substrato rochoso, e as encostas adjacentes, configuram a bacia de deposição (anfiteatro) para a qual convergem os blocos de rocha provenientes das cotas mais altas. A rocha corresponde a um conjunto litológico conhecido como *Unidade Bingen* (UFRJ, 1980), também pertencente ao “*Complexo Migmático*”, e é genericamente classificada como um migmatito homogêneo no qual se destaca o tipo petrográfico classificado como biotita-gnaiss granítico.

## 4 - METODOLOGIA

### 4.1 - Introdução

O Modelo Digital do Terreno (MDT), foi a base para a elaboração de um mapa de declividade, o qual, por sua vez, foi fundamental na análise das prováveis instabilidades das encostas. Por serem de grande importância para as conclusões deste trabalho, os MDTs obtidos para as duas áreas em estudo, foram elaborados através de um tratamento estatístico diferenciado para cada uma delas, obtendo-se a base para a reprodução instantânea de mapas de declividade nos intervalos desejados.

### 4.2 - Método de interpolação

O método de interpolação denominado “*krigagem*” caracteriza-se por reproduzir a paisagem de maneira bastante satisfatória. Os dados se enquadram no modelo de variável regionalizada, o qual utiliza a semivariância como base estatística para medir o grau de

dependência espacial entre as amostras (Davis, 1986). Este método determina o valor interpolado a partir dos pesos atribuídos aos dados vizinhos, que influenciam no cálculo através das distâncias relativas entre eles.

4.2.1 - Análise exploratória

Através do software GEOEAS (1988), e utilizando-se de dados topográficos digitais existentes, foi realizada uma análise exploratória dos dados após compatibilização de formatos dos arquivos DGN para formato GEOEAS, com intuito de verificar a sua densidade e a sua distribuição.

Os dados foram submetidos a uma reamostragem, para que fossem selecionados pontos representativos distribuídos homogeneamente por toda a área, face a limitação de 1000 amostras no software GEOEAS.

4.2.2 - Confecção do semi-variograma

Para esta parte foi utilizado o mesmo software da etapa anterior, para a determinação do modelo que melhor representasse a variabilidade espacial da superfície topográfica. Para as duas áreas de estudo, foram estimados os parâmetros do modelo variográfico.

O modelo Gaussiano (Figura 2) foi o que melhor representou a variabilidade dos pontos vizinhos para a área do Morro da Oficina. A construção deste modelo foi obtida a partir da determinação dos seguintes parâmetros:

- Efeito Pepita (*Nugget*)  $\Rightarrow 0$
- Alcance do modelo (*Range*)  $\Rightarrow 375$  metros.
- Patamar (*Sill*)  $\Rightarrow 6600$

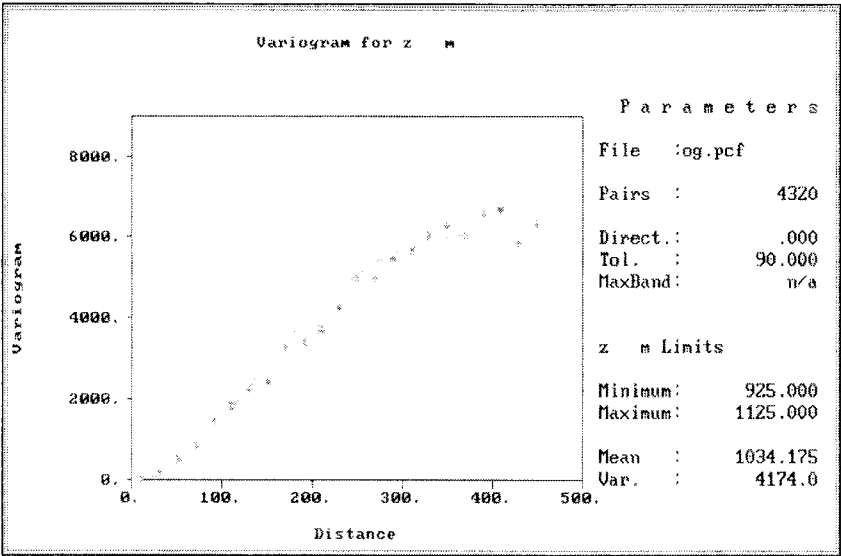


Figura 2 - Variograma referente aos dados altimétricos (Morro da Oficina)

Da mesma forma o modelo Gaussiano (Figura 3) também representou melhor a variabilidade dos pontos vizinhos para a área referente à Vila São Rafael, com a determinação dos seguintes parâmetros:

- Efeito Pepita (*Nugget*)  $\Rightarrow 0$
- Alcance do modelo (*Range*)  $\Rightarrow 500$  metros.
- Patamar (*Sill*)  $\Rightarrow 5000$

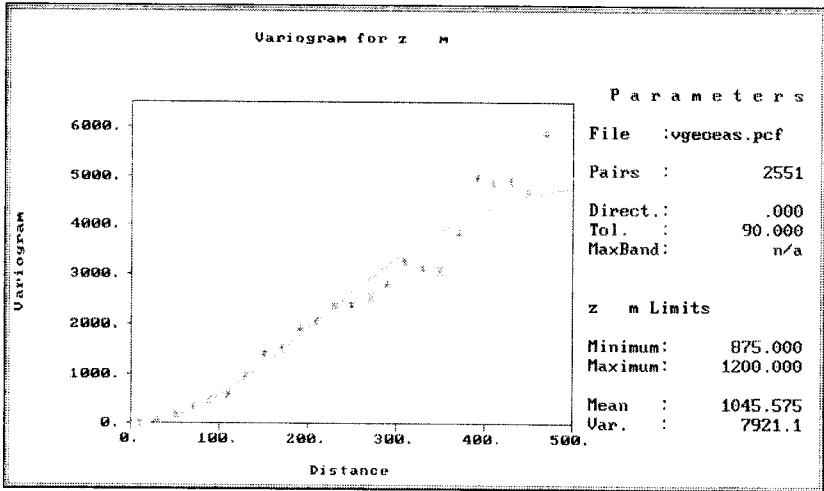


Figura 3 - Variograma referente aos dados altimétricos (Vila São Rafael)

Em nenhuma das duas áreas foi verificada qualquer anisotropia dos dados, após a realização de vários variogramas em diversas direções distintas.

4.2.3 - Interpolação dos dados

Para a interpolação dos dados foi utilizado o software SURFER versão 6.0, informando ao programa os valores dos parâmetros determinados anteriormente para as duas localidades necessárias para a realização da “krigagem”. Por se tratar de relevo acidentado, é mais apropriado definir um raio de busca menor do que o estabelecido na modelagem, com a finalidade de se minimizar o efeito suavizante dos detalhes e valores extremos, inerente ao método de interpolação.

4.3 - Utilização do software idrisi

No software Idrisi, que é um pacote de tratamento digital de imagens e sistema de informações geográficas, foram elaborados os mapas hipsométricos, de declividade e aqueles gerados através de cruzamentos considerados relevantes, a partir dos dados previamente tratados e interpolados.

4.4 - Elaboração dos mapas

4.4.1 - O mapa hipsométrico

Foi obtido diretamente, pois os dados oriundos do pacote Surfer já estavam no formato de uma grade regular, ou seja, os dados sempre podem ser visualizados como um arquivo imagem, onde cada valor do pixel é representado por um valor de altitude.

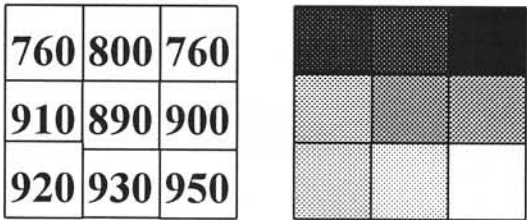


Figura 4 - Relação entre o valor da altimetria e suas correspondentes tonalidades

A Figura 4 mostra uma ampliação do mapa hipsométrico, onde cada *pixel* possui um valor de altitude, representados por tonalidades de cores, que se forem agrupadas resultarão em uma imagem distribuída por classes de intervalos pré-definidos. Os demais mapas produzidos possuem os valores de cada pixel representado pelo atributo característico. Por exemplo, o mapa de declividade terá para cada elemento de sua matriz um valor do gradiente, que poderá ser em graus ou em porcentagem.

4.4.2 - Mapas de declividades

Foram obtidos através dos MDTs das áreas estudadas, após o que se realizaram ensaios com diversas classes de declividades para escolha daquelas, a partir das quais, as áreas abrangidas exibissem ocupações mais esparsas e associações com unidades geológico-geotécnicas cujas características tenham demonstrado menor susceptibilidade aos escorregamentos, através de observações de cicatrizes e outras evidências de ocorrências anteriores. A orientação básica pautou-se na experiência do precedente.

A partir das premissas acima, foram separadas apenas duas classes de declividades: maior e menor do que 70% (setenta por cento), para ambas localidades estudadas (Figuras 5 e 6).

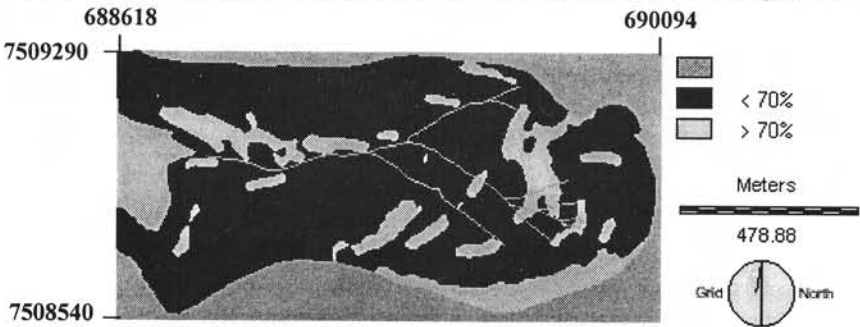


Figura 5 - Mapa de declividade (Vila São Rafael)

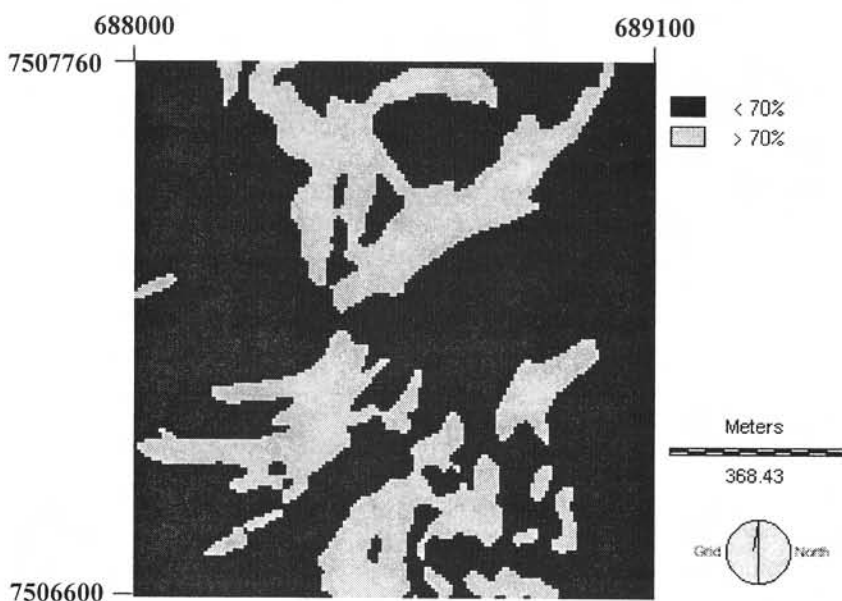


Figura 6 - Mapa de declividade (Morro da Oficina)

Não é usual estabelecer-se um único limite de classes de declividades, mas, nos casos em pauta, justifica-se por tratarem-se de duas condições emergenciais extremas: admissão da ocupação, mesmo com algumas restrições, ou a erradicação da ocupação, face a precariedade extrema das condições de habitação nas encostas. A apreciação é global, ou seja, não atende a situações localizadas que também levem à erradicação. Faixas de declividades intermediárias, com as suas respectivas recomendações e restrições, são adequadas em outras situações como, por exemplo, em projetos de urbanização.

#### 4.4.3 - Mapas geológico-geotécnicos

Foram obtidos através da interpretação de fotografias aéreas (escala 1:8.000), observações e levantamentos de campo. Os elementos obtidos foram representados em folhas plano-altimétricas (escala 1:10.000) sendo, em seguida, transportados para o meio digital (Figuras 7 e 8).

Como já referido no item 3, as unidades geológico-geotécnicas são similares, considerando o estágio da investigação, salvo os depósitos aluvionares do Morro da Oficina. O contexto geomorfológico constitui a base maior de diferenciação das duas áreas. Nesse sentido, destacam-se os dois grandes afloramentos rochosos do Morro da Oficina, fontes geradoras da larga ocorrência de tálus/colúvio, e a feição em anfiteatro da Vila São Rafael, cortada longitudinalmente por um riacho, cuja calha encaixa-se predominantemente sobre o biotita-gnaiss.

Os depósitos de vertentes, associados às altas declividades das escarpas e das elevações rochosas de ambas as áreas, são os receptadores destas fontes geradoras de blocos e lascas de rochas, cujas dimensões são variáveis (centimétricos a métricos), e se espalham desde as encostas adjacentes a estes afloramentos até aos domínios morfológicos de baixa declividade,



como por exemplo junto à calha do riacho existente na Vila São Rafael. Caracterizam-se pela variabilidade das formas de seus constituintes rochosos como consequência de suas origens em rochas migmatíticas, tendendo a prismáticas aqueles de constituição gnáissica e a arredondados os de composição granítica, o que explica a dispersão destes blocos nas encostas de acordo com estas formas e com as suas dimensões. Normalmente apresentam-se parcial ou totalmente imersos em uma matriz de solo colúvia, via de regra argilo-arenosa, compondo uma massa heterogênea, identificada, e designada genericamente de depósitos de tálus/colúvio nos trabalhos de campo.

Estes solos colúviais a que se faz referência acima também ocorrem capeando os solos residuais. Geralmente têm espessuras variáveis, de acordo com as posições morfológicas e de desenvolvimento dos perfis de solos, considerados de formação *in situ*, mostrando freqüentemente concentrações de argila (mais coesivos), fragmentos de quartzo e de rochas de composições variadas, os quais demonstram as suas poucas relações com o solo sotoposto. No solo residual propriamente dito, entretanto, é possível identificar a seqüência desde os horizontes de alteração nas proximidades da rocha (saprolítico) até os seus horizontes mais superiores em contato com os colúviais superficiais. Têm caráter areno-silto-argiloso, ou com variações desta ordem textural, em função das faixas gnáissicas (micáceas) e graníticas, herdadas das rochas migmatíticas, e ainda com a posição de tais horizontes no próprio perfil do solo e a presença da estrutura primária da rocha de origem ou de eventuais veios pegmatóides e de quartzo.

O comportamento geotécnico de cada uma destas unidades depende, evidentemente, de suas características locais. Entretanto, de um modo geral, nenhuma das duas áreas estudadas apresentavam qualquer problema de estabilidade de encostas decorrentes das propriedades naturais destes solos, a não ser em situações específicas, onde as ações antrópicas, normalmente representadas por cortes para implantação de residências, expuseram estes solos à ação erosiva das águas superficiais. Tais problemas sempre foram observados como restritos aos locais em que ocorreram e como passíveis de terem ações corretivas convencionais. As situações que levaram às recomendações de uso do solo, de acordo com os objetivos deste artigo e com as próprias características de comportamento destas unidades de mapeamento, estão descritas e analisadas nos itens seguintes.

#### 4.4.4 - Mapas de declividades x mapas geológico-geotécnicos

A tabela abaixo mostra, para cada localidade, a distribuição percentual das duas faixas de declividade consideradas e das quatro unidades geológico-geotécnicas presentes:

LOCALIDADES	DECLIVIDADES (%)		UNIDADES (%)			
	< 70	>70	BIOT.-GN.	SR	T/C	Al
Vila São Rafael	75	25	5	75	20	-
Morro da Oficina	70	30	46	6	45	3

##### 4.4.4.1 - Vila São Rafael

Dois terços dos setores com declividades maiores do que 70% concentram-se na metade superior da área, junto às cabeceiras do riacho que a drena. O terço restante ocorre na margem direita do riacho em questão, encaixando-o (Figura 5).

Os afloramentos de biotita-gnaiss mostram concentração dominante proximamente coincidente com as declividades maiores do que 70% e, em particular, nas partes altas do anfiteatro configurado (Figuras 5 e 7).

Os solos residuais, com suas coberturas de solos coluviais, distribuem-se extensivamente por toda a área (Figura 5). Possuem espessuras médias superiores a 3 (três) metros, nas faixas de declividades menores do que 70%, e inferiores a 1 (um) metro nas faixas de declividades superiores a 70%, onde podem ser constituídos por coberturas de solo coluvial sobre solo saprolítico bastante delgado (< 0,5m) a ausente. É no setor superior da área que se observam cicatrizes de escorregamentos, nas faixas não vegetadas, rasos e geralmente com alta relação comprimento x largura, provavelmente do tipo “*mud flow*” controlado pelo substrato rochoso.

Os depósitos de tálus/colúvio concentram-se na parte média e inferior do sistema de drenagem natural, predominantemente nas faixas com declividades menores do que 70% (Figuras 5 e 7). Estão intimamente associados às calhas de drenagem e vizinhanças, onde não foram observadas feições características de escorregamentos.

#### 4.4.4.2 - Morro da Oficina

As declividades superiores a 70% distribuem-se marcadamente nas porções meridional e setentrional desta localidade. As altas declividades meridionais correspondem a um grande afloramento rochoso, o qual constitui-se na maior feição morfológica e de destaque da área. Na porção setentrional, além da existência de outro grande afloramento rochoso, existe também uma elevação de cotas mais baixas (950m), que apesar de sua acentuada declividade, reúne condições para o desenvolvimento de solo saprolítico (Figuras 6 e 8).

Considerando o percentual de ocorrência das unidades de mapeamento, o solo residual é pouco expressivo (6%), mas a sua existência, na realidade, permitiu que a ocupação humana na área não se limitasse somente às declividades inferiores a 70%. Tal ocupação estendeu-se em torno dos dois afloramentos citados acima, preferencialmente em áreas de domínio de tálus/colúvio (45%) no sopé das encostas rochosas, e, especificamente, sobre o solo residual, o qual constituiu-se em substrato mais propício à implantação de residências nestes locais de topografia acidentada (Figura 1). Estes solos têm as mesmas características daqueles já descritos para a Vila São Rafael, ou seja, apresentam-se recobertos por solos transportados, com até 3,5m de espessura máxima, seguidos pelos horizontes de decomposição da rocha de origem, com espessura média em torno de 4,0m.

Os acidentes mais significativos do Morro da Oficina, historicamente ao longo do tempo, sempre estiveram associados aos deslocamentos de blocos e aos movimentos da massa de tálus/colúvio. Estes últimos, embora restritos e de caráter localizado na área, manifestaram-se por pequenos movimentos translativos no contato com a superfície da rocha em épocas de chuvas intensas, causando danos às habitações e aos circundantes a tais processos.

Também de ocorrência restrita (3%), na porção setentrional da área, existem as aluviões do altiplano da Cidade de Petrópolis. Estas áreas baixas já se encontram totalmente urbanizadas e, em decorrência dos objetivos deste trabalho, não mereceram nenhuma consideração quanto a seus aspectos geotécnicos e/ou de ocupação.

#### 4.4.5 - Mapas de ocupação

Com base nos produtos anteriormente obtidos (Figuras 5, 6, 7 e 8) para cada uma das áreas estudadas, complementadas pelas observações de campo referentes às instabilidades observadas, áreas de cobertura vegetal nativa e à própria densidade ocupacional, foram produzidos mapas que definiram as regiões destinadas ou restritas à ocupação (Figuras 9 e 10).

#### 4.4.5.1 - Vila São Rafael

Na Vila São Rafael a ocupação ainda é restrita e concentra-se em área estabilizada de T/C, na margem direita do riacho. O mapa de ocupação restringe a ocupação à área de T/C, com declividades inferiores a 70%, apesar das dificuldades inerentes para a implantação de qualquer infra-estrutura de assentamento, uma vez que a remoção total é inviável. Não é recomendável a ocupação das áreas de solo residual, por implicar em desmatamento e mobilizações de cortes e aterros que certamente induziriam a instabilidades, como já constatado nas áreas desmatadas. É alto o risco dessa ocupação em razão da possibilidade da ocorrência de escorregamentos devido ao barramento do riacho. Tal riacho, é de regime torrencial na época de chuvas fortes, com alto gradiente, e o rompimento da obstrução criada por possíveis escorregamentos teria consequências catastróficas, a exemplo de outras ocorrências na Cidade de Petrópolis.

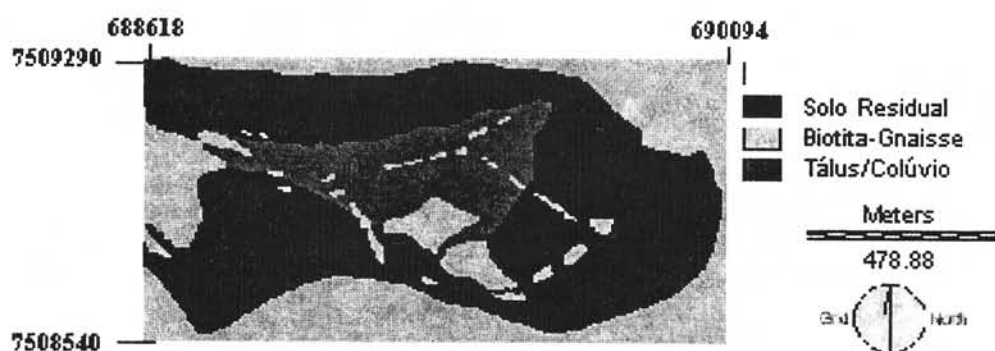


Figura 7 - Mapa geológico-geotécnico (Vila São Rafael)

#### 4.4.5.2 - Morro da Oficina

No Morro da Oficina as áreas vegetadas foram praticamente eliminadas pela ocupação, acima e abaixo da declividade de 70%.

As duas grandes áreas escarpadas de afloramentos de biotita-gnaiss e cercanias, com declividades superiores a 70%, constituem-se no grande fator limitador da ocupação por serem fontes permanentes de blocos/lascas instáveis e de intenso "runoff". Uma pequena área de solo residual na parte sudoeste do Morro da Oficina mostra-se, predominantemente, com declividades superiores a 70%, onde foram constatados diversos escorregamentos, razão pela qual foi excluída como área de ocupação.

Diante das restrições apresentadas para a ocupação no Morro da Oficina, restaram as áreas de: tálus/colúvio, que é a dominante, a de solo residual, a nordeste, em ambos os casos com declividades menores do que 70%, e a de aluviões.

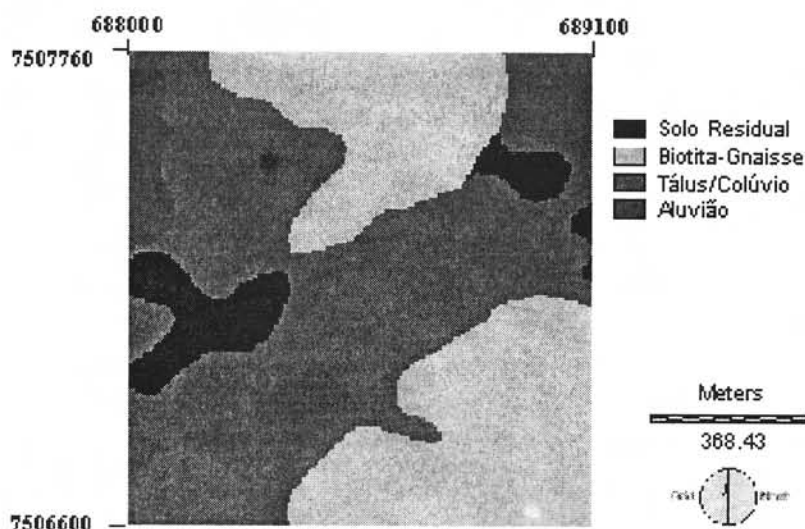


Figura 8 - Mapa geológico-geotécnico (Morro da Oficina)

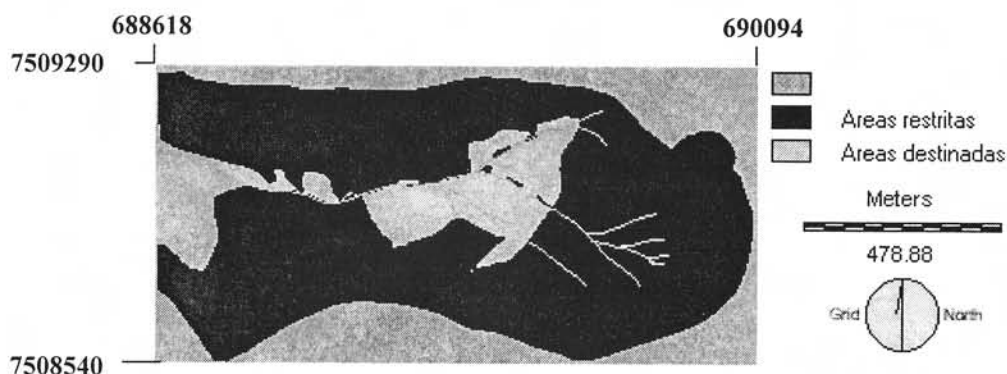


Figura 9 - Mapa de Ocupação (Vila São Rafael)

## 5 - CONCLUSÕES

Nas encostas densamente ocupadas por populações de baixa renda torna-se inviável o estabelecimento de áreas que são passíveis de ocupação, pois as decisões apoiadas em critérios puramente técnicos podem implicar em grandes remoções da população, até com a erradicação total da ocupação, e em custosas obras de regularização. Estas hipóteses sempre esbarram em obstáculos, via de regra intransponíveis, de ordem social ou econômica. Por esta razão, neste artigo procurou-se mostrar uma metodologia de caráter eminentemente emergencial e expedito, na qual foi feito o cruzamento de informações de: densidade de ocupação, vegetação, distribuição de unidades geológico-geotécnicas e observações de ocorrências pretéritas de escorregamentos.

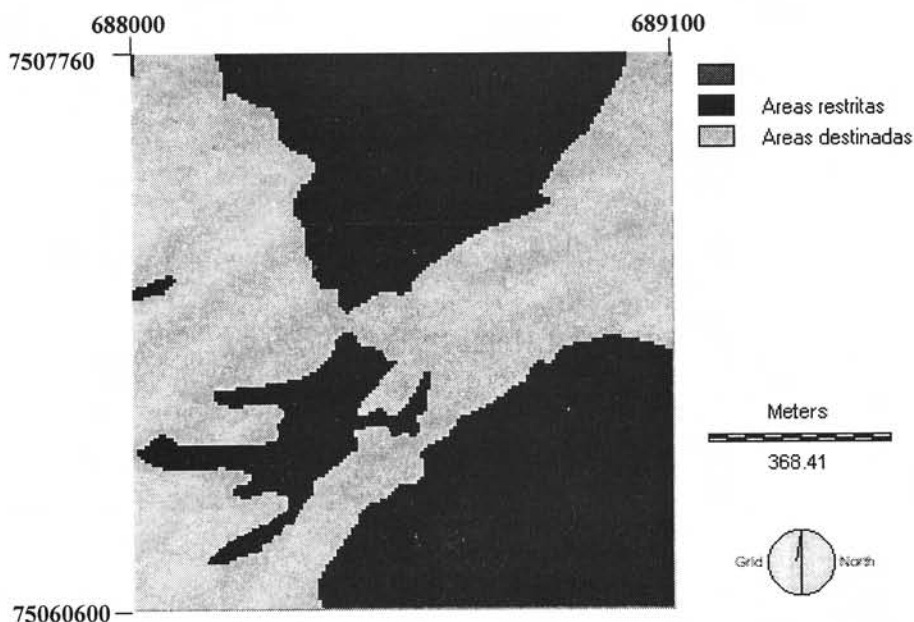


Figura 10 - Mapa de ocupação (Morro da Oficina)

Em relação às análises de declividades, as quais não se constituem em parâmetros únicos e definitivos para tais decisões, o processo metodológico aplicado demonstrou que é possível obter, de forma imediata, qualquer conjunto de declividades que se mostre mais adequado para a verificação da situação que está sendo estudada. Para as áreas estudadas foi possível estabelecer os seguintes critérios para a ocupação:

- declividade máxima admissível: 70% (setenta por cento);
- remanejamento das habitações em áreas com declividade acima de 70% (setenta por cento), tanto em solo residual como em depósitos de vertente e aplicação de reflorestamento;
- não permissão de ocupação e remanejamento de habitações em áreas de afloramentos rochosos, independentemente da declividade, e preservação das áreas ainda florestadas.

Verificou-se que estes parâmetros condicionantes são inteiramente aplicáveis. No entanto, no caso específico da Vila São Rafael, face à sua ocupação ainda rarefeita e localizada em área de tálus/colúvio junto ao riacho, visando a preservação do ambiente como um todo e, em particular do sistema de drenagem local, recomendou-se restringir a ocupação aos níveis atuais, ou seja, em declividades menores do que 70% vizinhas ao curso inferior do riacho.

## BIBLIOGRAFIA

- DAVIS, J.C. - *Statistics and data analysis in geology*. 2nd ed. N. York, John Wiley, 1986.
- EASTMAN, J.R. - *IDRISI for Windows*. Version 1. User's guide. Massachusetts, Clark University, 1996.
- GEOEAS - *Geostatistical Environment Assessment Software*, V.1.2.1. Las Vegas Environmental Protection Agency, 1988.

UFRJ - *Folha Petrópolis. Relatório Final e Mapeamento Geológico*. Projeto Carta Geológica do Rio de Janeiro. Convênio Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro/Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1980