



INTENSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS EROSIVOS DEVIDO AS ALTERAÇÕES OCORRIDAS NO REGIME DE FLUXO ACUMULADO

Leonardo Figueiredo de Freitas¹, Daniel Gomes-Loebmann¹, Giovana Maranhão Bettiol¹, Verônica
Moreira Ramos¹, Renato Fontes Guimarães¹, Osmar Abílio de Carvalho Jr.¹ e Roberto Arnaldo
Trancoso Gomes²

¹ Depto de Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília.

End.: Campus Universitário, ICC, Ala Norte. Asa Norte, Brasília – DF.

² Depto de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

End.: Av. Brigadeiro Trompovski, s/n, Prédio do CCMN, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro.

E-mail: leoffreitas@yahoo.com.br

Resumo

A alteração no regime de fluxo acumulado, que é um potencial agravador dos processos erosivos, tem como consequência a perda de solos, destruição ou comprometimento de estruturas físicas, entre outros. A modelagem matemática é uma ferramenta útil na prevenção de processos erosivos em áreas urbanas, pois, com esta é possível fazer uma simulação do escoamento superficial em uma região, identificando as áreas onde há concentração de fluxo, e assim, tomar as devidas providências sejam elas preventivas ou mitigadoras. Este trabalho consiste em analisar, por meio de um mapa de área de contribuição, uma área no Distrito Federal onde se tem alta incidência de voçorocas, não só pelas condições geomorfológicas, mas principalmente pela concentração do fluxo para determinados pontos, decorrente da urbanização local. Este trabalho, mesmo sendo preliminar, apresentou um resultado satisfatório na análise da intensificação dos processos erosivos devido à alteração no regime de fluxo, sendo possível identificar as áreas onde ocorreu a concentração do fluxo decorrente da infra-estrutura urbana utilizando os vetores de arruamentos.

Palavras-chave: Geomorfologia, Área de Contribuição, Erosão.

Eixo Temático: (5) Análise e Diagnóstico de Processos Erosivos.

Introdução



Os processos de urbanização de uma determinada área podem trazer várias conseqüências para a população que nesta reside, como por exemplo, os processos erosivos. Estes processos ocorrem naturalmente, entretanto a ação antrópica em áreas sem um planejamento correto acaba intensificando-os. Exemplo disso, são as obras de infraestrutura, que modificam o sistema de drenagem de uma região.

A análise da rede hidrográfica é de suma importância na tentativa de se compreender e elucidar algumas questões geomorfológicas, tendo em vista que os cursos d'água constituem-se em um dos principais processos morfogenéticos ativos na esculturação da paisagem terrestre (Christofolletti, 1980).

O sistema de drenagem é composto por relações complexas entre a topografia local, o tipo de solo, a cobertura vegetal, entre outros (Cunha, 1996). A partir do momento que se constrói casas, ruas, galerias de águas pluviais, calçadas e outros equipamentos urbanos, alteram-se as relações que ocorriam na área. Como conseqüência tem-se a impermeabilização total ou parcial do solo, o que não permite a infiltração da água da chuva, de forma eficiente, fazendo com que esta esco superficialmente encontrando canais preferenciais onde há a concentração do fluxo, esses canais, em áreas urbanas, geralmente estão associados aos arruamentos e galerias de águas pluviais (Tucci, 1995).

O aumento das áreas impermeabilizadas por construções e pavimentos faz com que aumente, não só o volume, mas também a velocidade do fluxo. Estes que antes se encontravam dissipados, tendem a se concentrar o que conseqüentemente catalisa os processos de desenvolvimento das voçorocas (Salomão, 1999). Este tipo de processo erosivo tem como principais conseqüências à perda de solos, destruição ou comprometimento de equipamentos públicos, casas, áreas de lazer, entre outros (Oliveira *et al.*, 1987).

Diversos estudos vêm tentando desenvolver metodologias que permitam a predição destes processos. Dentre eles, destaca-se a modelagem matemática que é um método que permite uma análise bem precisa do problema, assim como a previsão de cenários futuros e por isso tem sido bastante utilizada para analisar as alterações na paisagem. Este tipo de metodologia desenvolvida em conjunto com modelos digitais de terreno (MDT) e seus respectivos mapas derivados possibilitam modelar o relevo em ambiente computacional e simular alguns processos erosivos, como destacado por diversos autores (Dietrich *et al.* 1993, Goodchild *et al.*, 1993; Hardisty *et al.*, 1993; Beven & Moore, 1993; Dietrich & Montgomery, 1998; Guimarães, 2000; Guimarães *et al.*, 2003; Ramos, 2003; entre outros).



Assim o objetivo deste trabalho é fazer uma análise preliminar nas mudanças do regime de fluxo em um ambiente urbano. O trabalho foi feito utilizando a modelagem matemática, a partir de modelos digitais de terreno e mapas de área de contribuição, onde se compararam os dados obtidos em simulações de diferentes cenários de uma mesma área a partir, da análise da inserção ou não dos vetores de arruamentos.

Área de Estudo

Localizada na porção sudoeste do Distrito Federal, entre as coordenadas $48^{\circ} 06'$ W e $16^{\circ} 02'$ S, na cidade do Gama que possui $15,37 \text{ Km}^2$ de área urbana. A área de estudo situa-se parte oeste da cidade e compreende parte do Setor Sul e uma área não urbana (Figura 01), caracterizada por uma declividade que em alguns pontos passa dos 30° (Figura 02).

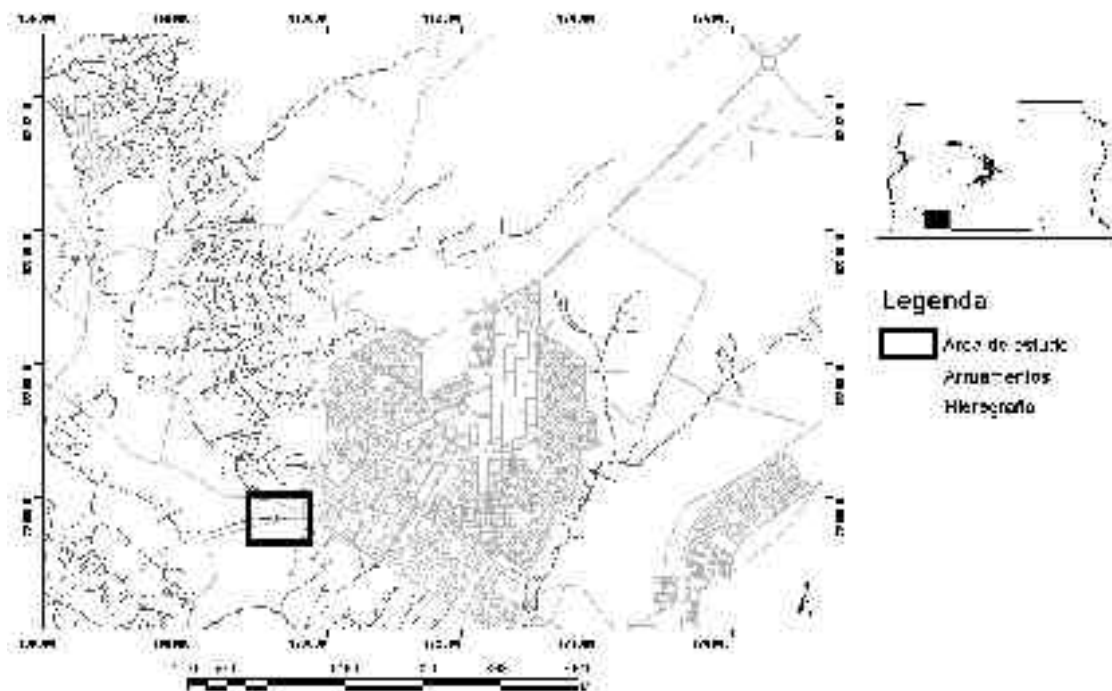


Figura 01 – Mapa de localização da área de estudo na cidade do Gama

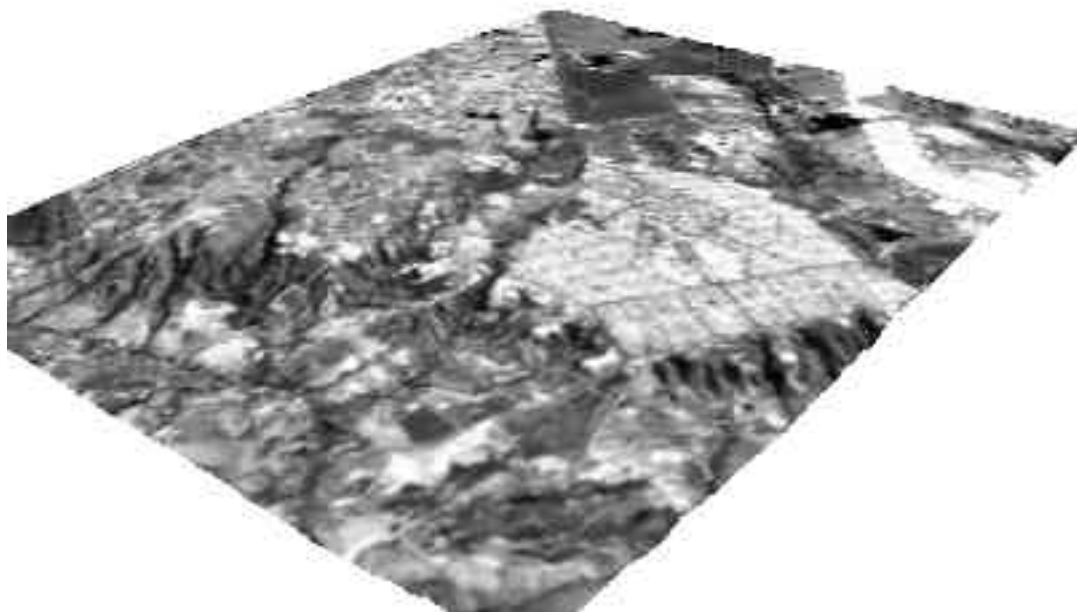


Figura 02 – Visualização 3D da cidade do gama.

No Distrito Federal, o clima pode ser caracterizado como sendo úmido a subúmido tendendo para o seco. Esse é demarcado pela alternância de duas estações bem definidas, ou seja, uma é seca e fria (inverno), com índices pluviométricos que em determinadas épocas não passam de 60mm por mês e temperaturas que podem cair a 10 ou 12°C, e a outra úmida e quente (verão) que compreende os meses de setembro a abril onde se tem a maior concentração das chuvas durante o ano, nesse período o índice pluviométrico fica entre 130mm e 200mm mensais, onde as temperaturas médias são de 26°C (Silva, 2003).

A Geologia da área é dividida em duas grandes unidades, a Cobertura Detrito-laterítica Terciário-Quaternária forma as superfícies mais elevadas e aplainadas, e sofre dissecação marginal pela erosão. A outra é a Unidade Rítmica Quartzítica Intermediária (Grupo Paranoá), composta, na base, por quartzitos finos a muito finos, feldspatos friáveis, que em direção ao topo há uma evolução com a alternância de laminações siltico-argilosas, metassiltito e metargilitos amarelos a avermelhados com intercalações de quartzitos finos a médios localmente grosseiros, classificados como ritmitos. Esta está localizada principalmente nas áreas onde o relevo apresenta as maiores declividades. (Silva, 2003).

A área está compreendida na Unidade Geomorfológica Planalto do Distrito Federal e apresenta basicamente dois padrões de relevo: superfície tabular e degrau estrutural. A superfície tabular está presente na porção mais plana da área e apresenta alguns canais de drenagem de baixa densidade. O degrau estrutural aparece na área de



rebordo e foi produzido por erosão diferencial no contato de falhas de empurrão entre os xistos do Grupo Canastra, que são menos resistentes ao intemperismo, e os quartzitos e metarritmitos do Grupo Paranoá (Silva, 2003).

Com relação aos tipos de solo da área tem-se na porção mais elevada, onde a superfície é mais plana, a presença de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico. Na parte onde apresenta um relevo ondulado e forte ondulado há uma associação de CAMBISSOLO petroplíntico + CAMBISSOLO típico, ambos HÁPLICOS. E finalmente, na porção menos elevada onde o relevo é plano a suave ondulação se encontra uma associação de LATOSSOLO VERMELHO + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, ambos Distróficos (SILVA C. R., 2003).

Metodologia

Neste trabalho foi utilizado como base de dados as cartas digitais, na escala de 1:10.000, do Sistema Cartográfico do Distrito Federal (SICAD), com curvas de nível e vetores de hidrografia. Além disso, foi utilizado também vetores de alguns arruamentos na área urbana.

A metodologia adotada para a realização deste trabalho está descrita abaixo.

- Geração de dois modelos digitais de terreno (MDT): um sem os vetores de arruamentos e outro com os vetores de arruamentos;
- Confeção de dois mapas de área de contribuição, cada um referente a um MDT;
- Comparação dos dados obtidos a fim de se verificar a existência da mudança no regime de fluxo acumulado na área.

A geração dos modelos digitais de terreno (MDTs) foi feita no módulo Topogrid, no *software ArcInfo*. Este foi escolhido, não só por gerar um ótimo resultado quando aplicado a modelos hidrológicos, mas também por possibilitar a utilização da hidrografia na interpolação, condição extremamente necessária para a realização deste trabalho.

Os dois MDTs foram gerados a partir das curvas de nível e hidrografia. Mas a fim de se obter uma simulação da concentração de fluxo nas partes onde há arruamentos, um dos MDTs foi gerado, também, com vetores representando os principais arruamentos, como se fossem canais de drenagem. Estes vetores foram utilizados, já que o mapa de área de contribuição quando gerado sem eles não determina as áreas onde há a concentração do



fluxo e com isso não é possível identificar onde houve a mudança no regime de fluxo decorrente da urbanização na área.

A partir dos MDTs gerados obteve-se os mapas da área de contribuição. Esses mapas identificam as áreas onde há concentração de fluxo no terreno, sendo possível assim identificar mudanças no regime de fluxo acumulado de acordo com as mudanças topográficas. O mapa de área de contribuição foi obtido pelo método D_{∞} , desenvolvido por Tarboton (1997), este método calcula a direção do fluxo de acordo com a declividade, distribuindo o fluxo proporcionalmente entre duas células vizinhas a jusante de acordo com o ângulo do fluxo.

Resultados

O primeiro MDT, obtido a partir das curvas de nível e hidrografia, gerou um mapa de área de contribuição onde o escoamento superficial, na área urbana, se assemelha muito ao que ocorreria se esta área não tivesse sido urbanizada, já que o interpolador não considerou o arruamento como sendo ponto concentrador de fluxo, assim o fluxo escoou pela encosta de forma difusa (Figura 03).

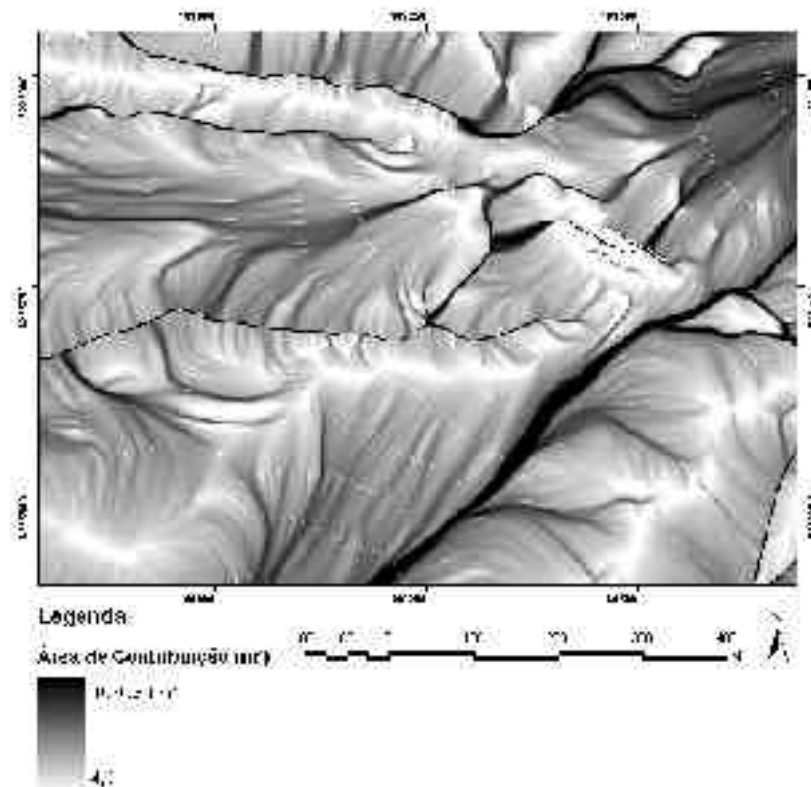


Figura 03 – Área de contribuição sem a utilização dos vetores de arruamentos



O segundo MDT, confeccionado não só com os vetores de hidrografia e hipsometria, mas também com os vetores dos principais arruamentos, deu origem a um mapa de área de contribuição onde é possível identificar a concentração do fluxo em algumas partes dos arruamentos (Figura 04). Esse dado quando comparado as ortofotos demonstra grande fidelidade das áreas onde há grande concentração de fluxo e ocorrência de voçorocas (Figura 05).

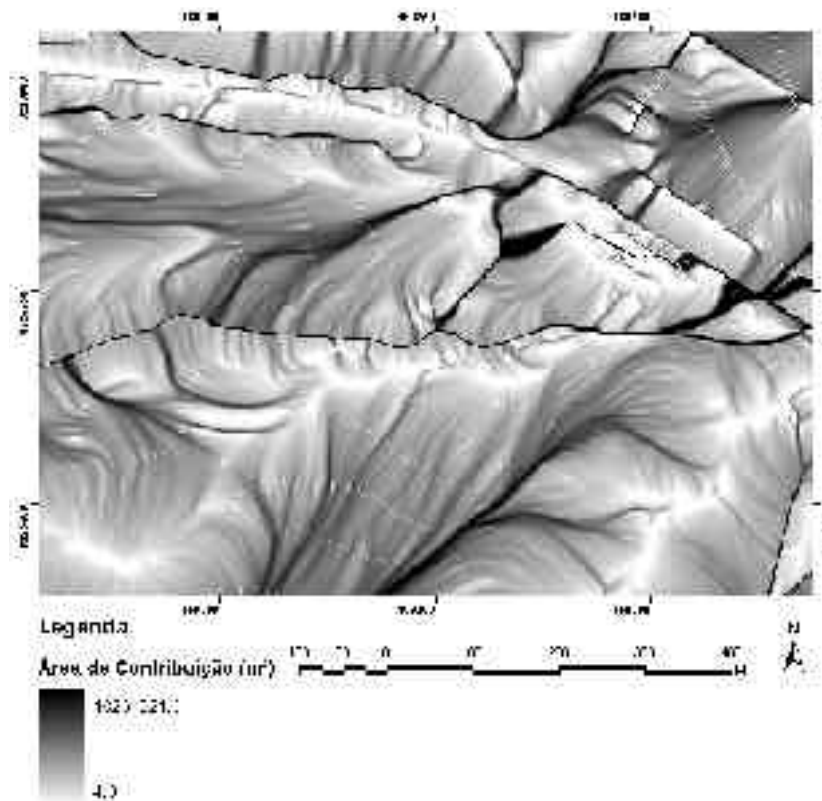


Figura 04 – Área de contribuição com vetores de arruamentos



Figura 05 – Ortofotos onde é possível se observar a voçoroca causada pela mudança no regime de fluxo acumulado.

Comparando-se os dois mapas de área de contribuição gerados é possível notar que houve uma mudança, não só na quantidade, mas também no local para onde o fluxo está sendo drenado (Figura 06). Na Figura 06a, gerada a partir dos dados de hipsometria e hidrografia, nota-se que os arruamentos não interferiram no regime de fluxo. Isso impossibilita uma análise precisa dos impactos causados por alguma alteração decorrente da urbanização da área. Já, na simulação onde foram utilizados os vetores dos arruamentos, uma parte da área drenada foi desviada para o córrego da chácara, conseqüentemente intensificando o processo erosivo no local (Figura 06b).

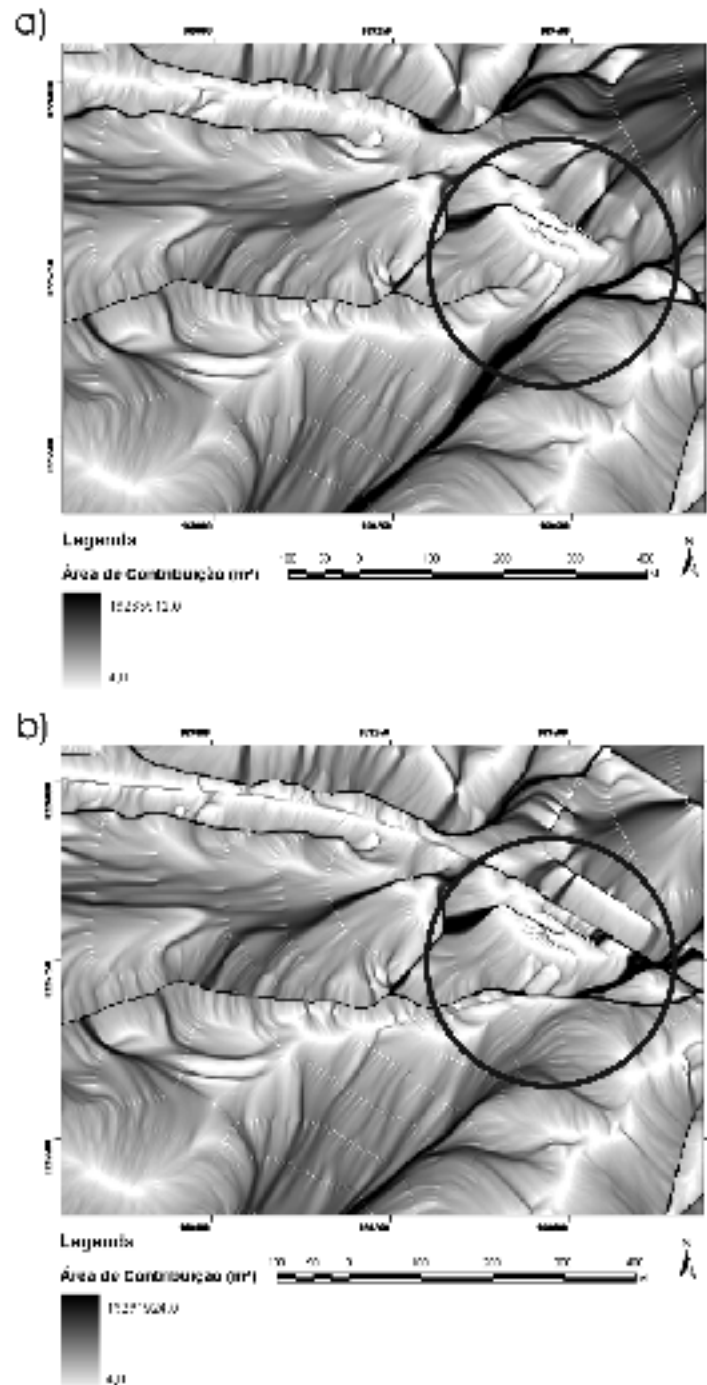


Figura 06 – Comparação entre os dois mapas de área de contribuição em detalhe a mudança no regime de fluxo. **a)** simulação do regime de fluxo sem os vetores de arruamentos; **b)** simulação levando em consideração os vetores de arruamentos.

Outra análise, foi a de frequência das classes de área de contribuição em que, na Tabela 01 verifica-se o aparecimento de uma nova classe, relativa aos valores mais altos de área drenada. Esta ocorre devido à concentração do fluxo em algumas áreas decorrente da



impermeabilização do solo e canalização do fluxo pelas áreas construídas e pelos arruamentos.

Tabela 01 – Distribuição proporcional das freqüências (%) pelas classes da área de contribuição (m²).

Classe (m ²)	Freqüência (%) – Sem arruamentos	Freqüência (%) – Com arruamentos
4 - 10	2,99	4,94
10 - 100	46,59	52,08
100 - 1000	39,71	36,53
1000 - 10000	8,18	4,44
10000 - 100000	1,76	1,11
100000 - 1000000	0,77	0,58
1000000 - 10000000	0,00	0,31
TOTAL	100,00	100,00

Quando se observa o valor de dois *pixels* correspondentes nos mapas gerado, percebe-se que houve uma mudança significativa no regime do fluxo. Onde antes um *pixel* recebia 15.189,06 m² (Figura 07a), devido às alterações antrópicas, esse valor passou para 511.762,59 m² (Figura 07b) que estão sendo drenados para o mesmo ponto no mapa o que desencadeou uma sobrecarga no canal de drenagem e conseqüentemente a intensificação do processo erosivo que ali existia.

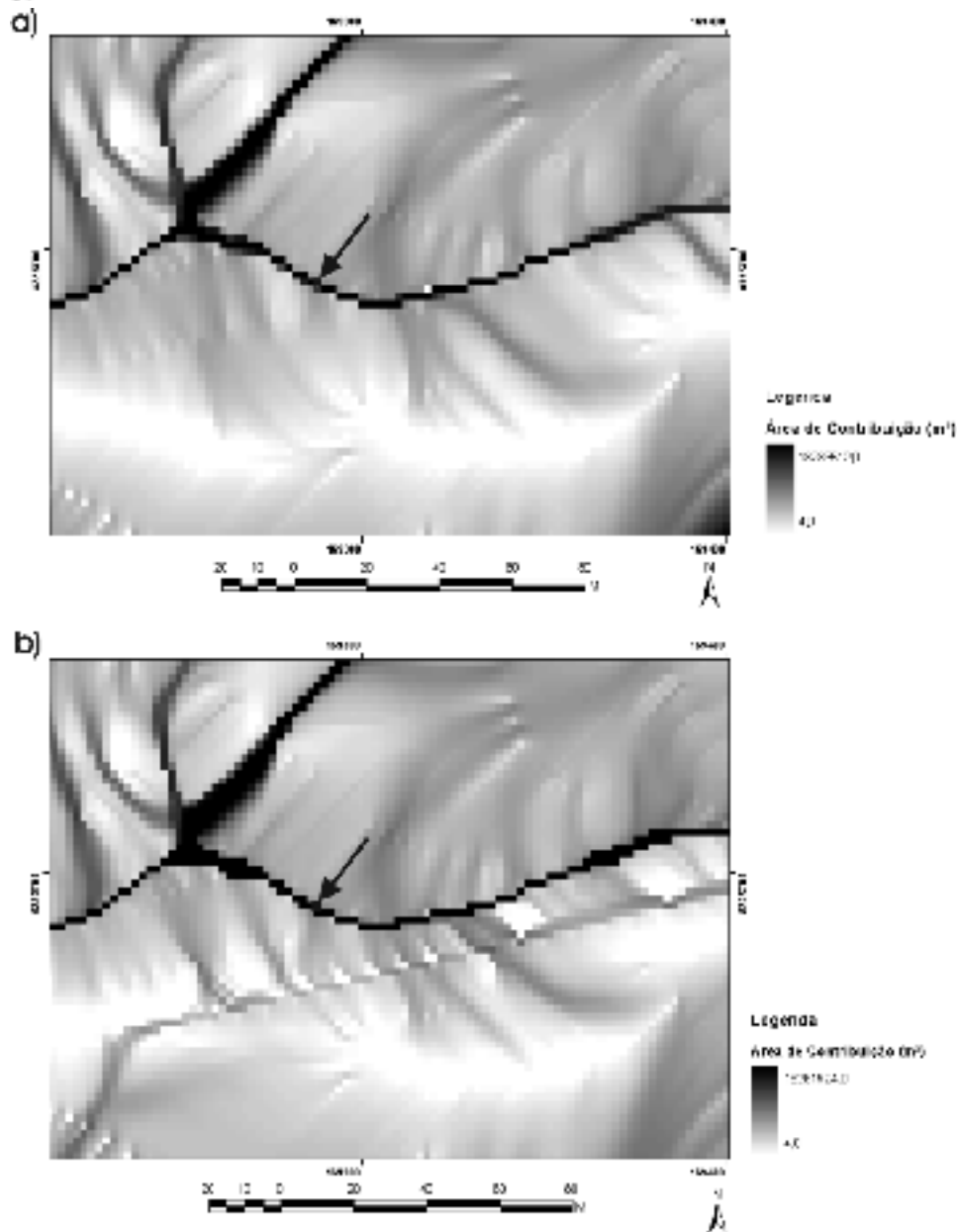


Figura 07 – Diferença de valor entre *pixels* de mesma localização nas duas simulações. Em (a) a seta indica o *pixel* que corresponde a uma área drenada de 15.189,06 m². No outro mapa (b), onde foi utilizado também os vetores de arruamentos, a seta indica o *pixel* correspondente que passou a ter 511.762,59 m² de área drenada.

Conclusões

Com os resultados obtidos neste trabalho preliminar foi possível checar a eficácia da metodologia adotada, e que a partir desta, foi possível identificar claramente áreas onde há alterações no regime de fluxo e associa-las com as áreas onde há voçorocas.



Nota-se também que a modelagem quando feita sem os vetores de arruamentos, apenas com o MDT gerado com curvas de nível e hidrografia, se tem um resultado subestimado da área de contribuição no ambiente alterado.

Este trabalho ainda deve ser aperfeiçoado, com a introdução de outros dados como os vetores representando as galerias de águas pluviais, já que estas também tendem a concentrar o fluxo e despeja-lo em um ponto aumentando o poder de degradação das alterações antrópicas nos regimes de fluxo.

Bibliografia

- BEVEN, K. J. and MOORE, I. D. **Terrain Analysis and Distributed Modelling in Hydrology**, John Wiley, 249p., 1993.
- CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blücher, 2ª ed. 1980.
- CUNHA, S. B. e GUERRA, A. T. **Degradação Ambiental**. In: CUNHA, S. B. e GUERRA, A. T. (org.) Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro, Editora Bertrand, 1996. 2ª ed.
- DIETRICH, W. E. e MONTGOMERY, D. R. **SHALSTAB: A Digital Terrain Model for Mapping Shallow Landslide Potential**. National Council for Air and Stream Improvement, 1998.
- DIETRICH, W. E., WILSON C. J., MONTGOMERY, D. R. E MCKEAN J. **Analysis of Erosion Thresholds, Channel Networks and Landscape Morphology Using a Digital Terrain Model**, Jour. of Geology, v. 101, p. 161-180, 1993.
- GUIMARÃES, R. F. **Utilização de um Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis a Escorregamentos Rasos com Controle Topográfico: Adequação e Calibração em Duas Bacias de Drenagem**. Tese de Doutorado, IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000. 156p.
- GUIMARÃES, R. F.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H.; FERNANDES, N. F.; GOMES, R. A. T.; e CARVALHO JÚNIOR, O. A. **Parameterization of Soil Properties for a Model of Topographic Controls on Shallow Landsliding: Application to Rio de Janeiro**. Engineering Geology. Holanda: , v.69, 2003, p.99 – 108.
- GOODCHILD, M. F., PARKS, B. O. and STEYAERT, L.T. **Environmental Modeling with GIS**. Oxford Univ. Press, 1993, 488p.
- HARDISTY, J.; TAYLOR, D. M.; and METCALFE, S. E. **Computerised Environmental Modelling**. JohnWiley, 1993, 204p.



- OLIVEIRA, A. M. S.; PONÇANO, W. L.; SALOMÃO, F. X. T.; DONZELI, P.L.; ROCHA, G. A. e VALÉRIO FILHO, M. **Questões Metodológicas em Diagnósticos Regionais de Erosão: A Experiência Pioneira da Bacia do Peixe Paranapanema – SP.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4., Marília, 1987. Anais. São Paulo: ABGE/DAEE, 1987. p. 51-71.
- RAMOS, V. M. **A Modelagem Matemática nos Estudos dos Movimentos de Massa: Aplicação de um Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis a Escorregamento Rasos na Área do Subúrbio Ferroviário de Salvador (BA).** Dissertação de Mestrado, IH/UnB, Brasília, 2003. 90p.
- SALOMÃO, F. X. T. **Controle e Prevenção dos Processos Erosivos.** In: GUERRA, A. T.; SILVA, A. S. e BOTELHO, R. G. M. (ed.) *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações.* Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 1999, p. 228-267.
- SILVA, C. R. **Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno. Fase I.** Rio de Janeiro, CPRM / EMBRAPA / SCO-MI, 2003.
- TARBOTON, D. G. **A New Method for the Determination of Flow Directions and Upslope Areas in Grid Digital Elevation Models.** *Water Resources Research*, v.33, 1997. p.309-319.
- TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. (Org.) **Drenagem urbana.** Porto Alegre: ABRH, Editora da Universidade, UFRGS, 428p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, Volume 5) 1995.