

RELAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS PARA FLUXOS DE DETRITOS CANALIZADOS E DE ENCOSTA ABERTA

Clarissa Guerra Salvador¹; Gean Paulo Michel²

Palavras-Chave – Fluxo de Detritos, Relações Geomorfológicas, Tipos de Fluxo.

INTRODUÇÃO

O número de registros de desastres naturais envolvendo movimentos de massa quase duplicou de 2018 para 2019, gerando mais de 700 fatalidades em todo o mundo (CRED, 2020). Entre os movimentos de massa os fluxos de detritos são considerados uma das classificações mais perigosas, uma vez que atingem grandes velocidades e longas distâncias com elevado potencial de impacto (JACOB e HUNGR, 2005). Além disso, são movimentos de elevada complexidade por assumirem diferentes composições e uma constante variação de parâmetros.

Algumas classificações, como a utilizada por Hutchinson (1988), separam o fluxo de detritos em fluxos canalizados e de encosta aberta. Os fluxos de detritos canalizados ocorrem em condições de confinamento, inseridos em sua maior parte em um canal de drenagem. Já os fluxos de encosta aberta formam seu próprio trajeto, sem necessariamente se conectar a rede fluvial de drenagem. Ainda, existem alguns fluxos considerados de transição, onde é difícil definir a classificação predominante no comportamento do fluxo. Bee et al. (2019) defendem que os fluxos de detritos devem ser modelados de maneira diferente, embora grande parte dos modelos de propagação utiliza abordagens sem diferenciação entre os tipos de fluxo. Por conseguinte, e tendo em vista o reconhecimento de padrões do movimento para auxiliar na compreensão e modelagem de fluxos de detritos, esse trabalho propõe obter relações geomorfológicas para parâmetros do fluxo de detritos, abordando separadamente os fluxos de encosta aberta, canalizados e de transição.

METODOLOGIA

As relações geomorfológicas propostas são baseadas nas relações de geometria hidráulica trazidas por Leopold e Maddock (1953), onde as variáveis relacionadas ao canal e a área de drenagem são refletidas nas variáveis de largura (w), comprimento (l) e área total afetada pelo fluxo de detritos (B), conforme as equações 1 e 2, onde α e β são coeficientes de calibração. O formato das relações condiz com o comportamento esperado para fluxos de detritos sem a presença de obstáculos e barramentos, apresentando uma ampliação da largura e do comprimento conforme a sua propagação. Entretanto, fluxos de detritos de encosta aberta tendem a ampliar gradualmente sua largura, enquanto que em fluxos canalizados esse alargamento é bastante sutil até que seja atingida uma seção com perda de confinamento, onde possivelmente ocorrerá o espalhamento do fluxo na forma de leques aluviais. Contudo, por percorrerem maiores distâncias, impulsionados pelo canal de drenagem, esse alargamento pode não ser observado.

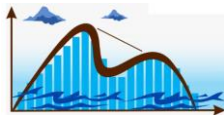
$$w_i = \alpha_1 B_i^{\beta_1} \quad (1)$$

$$l_i = \alpha_2 B_i^{\beta_2} \quad (2)$$

O banco de dados disponível para obtenção das relações inclui mais de 400 cicatrizes de deslizamentos ocorridas em um único evento na bacia do rio Mascarada, localizada sobre os

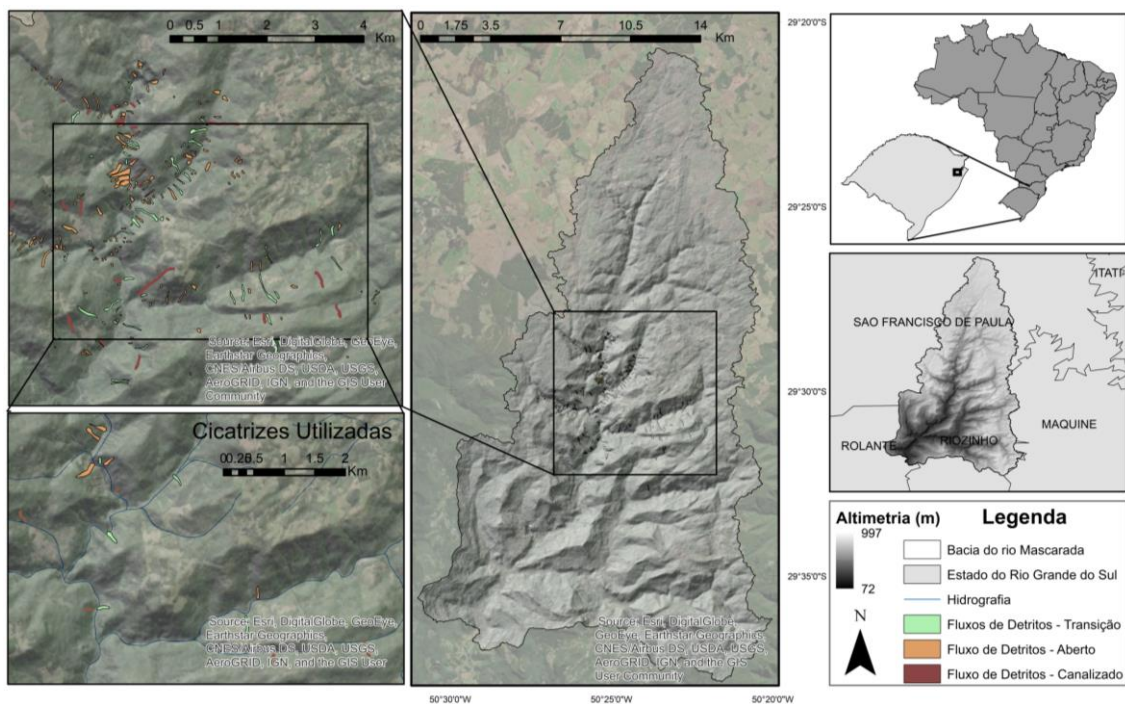
1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH-UFRGS), clarissa.salvador@ufrgs.br

2) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH-UFRGS), gean.michel@ufrgs.br



municípios de Rolante e São Francisco de Paula, no Rio Grande do Sul (Figura 1). As cicatrizes foram delimitadas por geoprocessamento com imagens do Sentinel-2, de 10 metros de resolução. Além disso, a delimitação das cicatrizes foi feita considerando a descrição de fluxos de detritos trazida por Hungr et al. (2013) onde, devido a complexidade do processo, o cenário num todo é considerado como fluxo de detritos, desde a sua origem por um escorregamento translacional até a sua deposição. Foram desconsideradas as cicatrizes de fluxos de detritos complexos, caracterizados por fluxos com mais de uma origem que convergem em um mesmo ponto, ou fluxos que se separam em diferentes trajetórias, por apresentarem comportamentos atípicos. O restante das cicatrizes foi separado nas classificações de encosta aberta, canalizados ou de transição, caracterizados por trechos com ambas as condições, dificultando a definição de qual condicionamento controla o comportamento geral do movimento. A diferenciação entre as classificações foi feita considerando por fluxos canalizados as cicatrizes que coincidiam com o direcionamento de canais de drenagem de ordem 3 ou mais na classificação de Strahler, sem considerar um limiar de área acumulada e com processamentos a partir de um modelo digital do terreno Alos Palsar de 12,5 metros de resolução. Foram selecionadas 5 cicatrizes de cada classe, e feitas medições de largura a cada 25 metros, aproximadamente. Enquanto que o comprimento foi considerado pela linha central entre o início do fluxo, até o ponto de maior alcance. As cicatrizes classificadas estão apresentadas da Figura 1.

Figura 1 – Localização da bacia do rio Mascarada e cicatrizes dos movimentos de massa.

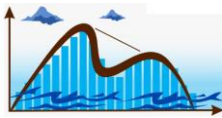


RESULTADOS

A Tabela 1 traz as equações obtidas para os diferentes grupos considerados, cujos dados estão apresentados nas Figuras 2 e 3, e com as curvas referentes à utilização de todos os dados utilizados.

Tabela 1 – Relações Geomorfológicas das cicatrizes da bacia do rio Mascarada.

Variável	Classificação	Relação	R ²	N*
Largura	Encosta Aberta	$w = 2.352B^{0.351}$	0.66	5
	Canalizados	$w = 46.67B^{0.074}$	0.05	5
	Transição	$w = 59.59B^{0.06}$	0.02	5



	Todos	$w = 4.98B^{0.242}$	0.30	15
Comprimento	Encosta Aberta	$l = 0.309 \cdot B^{0.716}$	0.84	153
	Canalizados	$l = 0.133B^{0.843}$	0.90	24
	Transição	$l = 0.165B^{0.817}$	0.74	61
	Todos	$l = 0.190B^{0.786}$	0.83	238

*Onde N é o número de cicatrizes consideradas para obter a relação.

Figura 2 – Relações entre área e largura das cicatrizes da bacia do rio Mascarada.

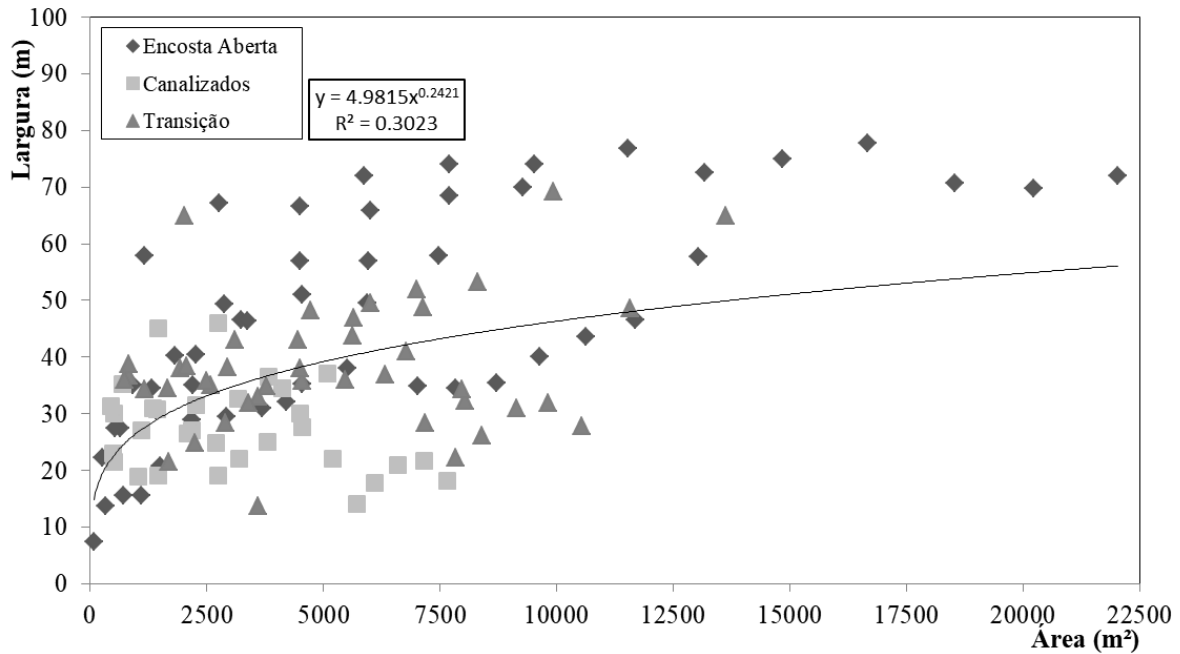
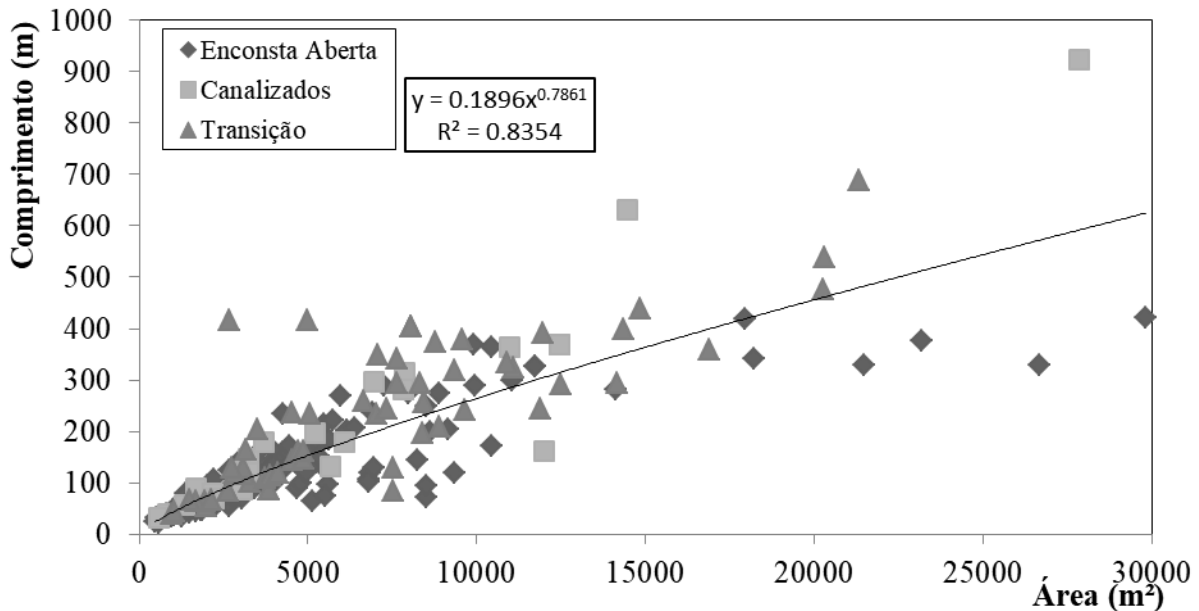
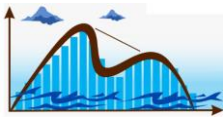


Figura 3 – Relações entre área e comprimento das cicatrizes da bacia do rio Mascarada.



As relações entre área e largura do fluxo apresentaram bons resultados apenas para fluxos de detritos de encosta aberta, onde uma ausência de confinamento facilita a ampliação da largura do fluxo. Já os fluxos de detritos canalizados e mesmo os de transição não apresentam correlação da área com a largura. A área da bacia de ocorrência dos fluxos de detritos apresenta vales mais encaixados, sem perdas significativas de confinamento e declividade, de forma que os fluxos canalizados mantiveram variações quase constantes ou até de redução da largura com a propagação do fluxo. Essa condição favorece as relações de área e comprimento, onde os fluxos canalizados apresentaram os melhores resultados. Os fluxos de encosta aberta apresentaram um coeficiente de



correlação um pouco menor justamente por apresentarem maior propensão de espalhamento e conseqüentemente maior variação da área com o alcance do fluxo.

CONCLUSÕES

A ausência de correlação das relações de largura do fluxo de detritos, com exceção dos fluxos de detritos de encosta aberta, evidencia a significativa diferença de comportamento de propagação entre os diferentes tipos de fluxos. Por conseguinte, apesar de muitas definições e modelos de fluxos de detritos não considerarem as duas classificações do movimento é necessário que sejam abordados separadamente ao menos em modelos mais simplificados, fundamentados nas características geomorfológicas do fluxo, que por sua vez representam a grande maioria de aplicação por órgãos ambientais e pela defesa civil. Portanto, a utilização de parâmetros do fluxo de detritos para obtenção de relações geomorfológicas é possível, desde que segregados entre os fluxos de encosta aberta, canalizados ou de transição.

A obtenção dessas relações possibilita ainda o desenvolvimento de estimativas de outras variáveis ligadas ao fluxo. Associadas a um conjunto de equações empíricas já estabelecidas na literatura permitem até estimar valores de velocidade do movimento. A principal limitação associada corresponde à utilização dessas relações restritamente a regiões de características semelhantes às quais foram geradas. Além disso, os métodos de identificação e separação dos fluxos de detritos nas diferentes classificações não são bem estabelecidos. Ainda, algumas obstruções do terreno impostas ao trajeto do fluxo, como barreiras e obstáculos, resultam em alterações atípicas de comportamento do fluxo. Todavia, a aplicação dessas relações pode ser muito vantajosa na utilização de estudos preliminares e até para aprimoramento de modelos empíricos já existentes.

REFERÊNCIAS

- BEE, E. J.; DASHWOOD, C.; PENNINGTON, C.; CIUREAN, R. L.; LEE, K. (2019). *Creating a national scale debris flow susceptibility model for Great Britain: a GIS-based heuristic approach*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.
- CRED - Center for Research on the Epidemiology of Disasters. (2020). *Natural Disasters 2019*. 8p.
- HUNGR, O.; LEROUEIL, S.; PICARELLI, L. *The Varnes classification of landslide types, an update*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. (2013).
- HUTCHINSON, J. N. (1988). *General report: morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology*. In: Proceedings of the 5th International Symposium on Landslides, Lausanne, 1, p. 3–35.
- JAKOB, M.; HUNGR, O. (2005). *Debris-flow Hazard and Related Phenomena*. Springer Praxis Book, 1, 739p.
- LEOPOLD, L. B.; MADDOCK, T. (1953). *The Hydraulic Geometry of Stream Channels and Some Physiographic Implications*. Geological Survey 252. 64 p.

AGRADECIMENTOS - Este trabalho recebeu apoio financeiro parcial da CAPES e CNPQ. Os autores agradecem ao Grupo de Pesquisas em Desastres Naturais (GPDEN) do IPH/UFRGS.