

DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA CLASSIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE VIÁRIA EM ÁREAS DE ALAGAMENTO

Alessandro Carvalho Miola^{1} & Geraldo Lopes da Silveira² & Elisandra Maziero³*

Resumo – Este estudo objetivou desenvolver um método para classificação da fragilidade viária em situações nas quais as estradas ficam submetidas aos efeitos das cheias e das inundações. Para avaliar o grau da fragilidade, foi realizada uma modelagem digital de terreno (MDT), sobre a qual se espacializaram as áreas inundadas por enchentes no passado. Essa aproximação permitiu simular espacialmente os efeitos das chuvas extremas, com intensidades semelhantes às que causaram prejuízos sobre a rede viária rural e, com isso, espacializar os locais e trechos de estradas que podem ficar submersos e/ou rompidos no futuro. Também, fez-se o ordenamento fluvial da bacia, multiplicando este indicador pela resistência à mobilidade de cada estrada perpassante por um curso d'água. Por inventários *in loco* obtiveram-se as cotas georreferenciadas de enchentes ocorridas na última década, que foram aplicadas no ajuste dos níveis das áreas de alagamento sobre o MDT, por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os resultados demonstraram haver alta suscetibilidade da mobilidade rural nas áreas mais planas e baixas, aspecto potencializado nos cruzamentos do sistema viário com a rede de drenagem. Quanto maior a ordem fluvial e maior a resistência ao tráfego, maior o risco de situações de isolamento das comunidades rurais.

Palavras-Chave – enchentes; mobilidade; SIG.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CLASSIFICATION OF FRAGILITY ROAD IN FLOODED AREAS

Abstract – This study aimed to develop a method for classification of fragility road in situations where the roads are subject to the effects of floods and floods. To assess the degree of fragility, we performed a digital terrain model (DTM), on which espacializaram flooded areas by floods in the past. This approach allowed spatially simulate the effects of extreme rainfall with intensities similar to those that caused damage on the rural road network and thereby spatialize locations and sections of roads that can be submerged and / or broken in the future. Also, it was the river basin planning, multiplying this indicator for resistance to mobility of each road cross by a watercourse. On-site inventories were obtained quotas georeferenced flood occurred in the last decade, which have been applied in setting the levels of flooded areas on the MDT, using a Geographic Information System (GIS). The results demonstrated a high susceptibility of mobility in rural areas flatter and lower aspect potentiated the crossroads of the road system to the drainage network. Higher order fluvial and greater resistance to traffic, the greater the risk of social isolation of rural communities.

Keywords – floods; mobility; GIS.

INTRODUÇÃO

Historicamente, as regiões ribeirinhas têm sido o local preferido para o assentamento humano e desenvolvimento econômico, devido à proximidade de rios que fornecem solo fértil, água abundante e transporte (OMM, 2006, p. 1). Em paralelo, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) destaca que os prejuízos e perigos das enchentes têm graves repercussões sobre a economia

¹ * Prof. Dr. do Colégio Politécnico da UFSM; engenheiroacm@gmail.com

² Prof. Dr. da Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia; geraldo.silveira@gmail.com

³ Prof^a. M.Sc. da Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia; elismaziero@gmail.com

e a segurança das pessoas. Entre as consequências decorrentes das cheias tem-se a falta de mobilidade como um dos piores agravantes para as comunidades atingidas por esse tipo de desastre natural. As inundações, ao afetarem a mobilidade, extrapolam os prejuízos para além dos limites das bacias hidrográficas. Como a organização viária é uma intervenção antrópica, o planejamento viário deve considerar a ocorrência, senão sazonal, pelo menos esporádica das enchentes.

O deslocamento de insumos, pessoas, máquinas, implementos e, por consequência de toda a cadeia produtiva agrícola, depende da mobilidade viária em condições permanentes de trafegabilidade. No meio rural, especialmente as estradas não pavimentadas, por servirem a um menor número de habitantes, apresentam trajetos mal projetados, com manutenção precária. O pavimento – predominantemente de terra – é outra característica frequente das estradas rurais brasileiras. O rompimento de estruturas de drenagem e, eventualmente, queda de pontes produzem efeitos de isolamento de comunidades rurais, que dependem das estradas para serem socorridas ou buscarem locais seguros.

Os efeitos negativos mais importantes relacionados às enchentes e inundações são: a perda de vidas humanas, danos aos bens, destruição de cultivos, perda de gado, inutilização de infraestruturas, ou problemas de saúde decorrentes das doenças com veiculação hídrica (OMM, 2006, p. 7). A OMM revela também que outros danos muito significativos estão relacionados às perdas dos meios de subsistência, pois quando as estradas ficam danificadas a atividade econômica cessa, causando uma interrupção das atividades normais, muito além da duração da enchente.

Segundo Aderamo e Magaji (2010, p.172), apud Ogunsayama (1987) e Filani (1993) as estradas rurais da Nigéria são na maioria, de terra, estreitas, tortuosas e com pontes precárias; são dificilmente transitáveis durante a estação chuvosa, quando os veículos ficam presos na lama ou quando as pontes improvisadas, feitas de troncos de madeira, são arrastadas pela inundação.

Na Ásia, em Bangladesh, Hossain e Davies (2004) programaram um sistema de apoio à redução dos impactos das enchentes sobre o sistema de transporte viário, que utiliza um mapa de profundidade média da inundação com base em dados históricos, no formato de uma grade (*grid*), com a rede viária na escala 1:250000 e com os dados de tráfego armazenados em Microsoft Access®. Esse sistema permite a análise e visualização da inundação sobre o tráfego, bem como em outras características do fluxo, incluindo restrição de velocidade e tempo de viagem.

Os maiores e mais avançados mecanismos de alerta e controle de inundações do mundo estão nos Estados Unidos e Canadá. O sistema norte americano, conforme NOAA (2011) baseia-se na integração de modelos de previsão de chuvas, imagens de satélites e radares, dados de qualidade do ar, análises climáticas, observações e previsões para rios monitorados. Existem bacias hidrográficas nos Estados Unidos cujas agências de gerenciamento possuem o mapeamento das áreas de inundação em função da pluviosidade, seguindo as diretrizes da Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA, 2011).

Na Europa, em 2002 a Comissão Europeia lançou o Sistema Europeu de Alerta contra Inundações (*European Flood Alert System - EFAS*), que funciona por meio da colaboração entre os centros nacionais de previsão de cheias e vários serviços meteorológicos dos Estados-Membros e prepara informações de alertas com até dias de antecedência (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

Na Nova Zelândia, Gardiner et al. (2009) publicaram o estudo “*Climate change effects on the land transport network*” que trata exaustivamente o problema causado pelas inundações sobre a estrutura viária do país. Apesar de este estudo tratar não somente sobre o tema enchentes, sua abordagem, especificamente é em relação à fragilidade na mobilidade.

A previsão de áreas atingidas por inundações é fortemente dependente da topografia, ocupação e mudanças climáticas. Trata-se de um processo dinâmico, complexo tanto no contexto espacial como no temporal. Para tanto, pode-se elaborar previsões de inundações, através de modelos hidrodinâmicos associados à SIG (SILVA, 2006).

Hossain e Davies (2004) fundamentam o exposto acima afirmando que, quando uma inundação se constitui em uma ameaça para vários segmentos de uma rede de ligações viárias, os componentes do sistema de transporte rodoviário são expostos ao potencial impacto de inundação devido à inter-relação espacial existente entre eles. Além do que, quando uma parte da rede do percurso é afetada, pode afetar potencialmente o fluxo de tráfego em muitas outras partes em maior ou menor grau. O efeito adverso de uma inundação é reconhecido quando ela interrompe o sistema de transporte rodoviário de um país, pois ele é considerado base de salvação social e econômica. O nível das interações entre as várias dimensões mensuráveis de inundação e as redes de transporte determina o impacto potencial de uma inundação (HOSSAIN e DAVIES, 2004).

Diante das considerações expostas pela literatura consultada este estudo propõe-se a definir uma estratégia para identificar caminhos seguros para a mobilidade em bacias rurais, considerando o menor grau de fragilidade do sistema viário, pontual e linearmente, em toda sua extensão.

MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos concentraram-se na bacia hidrográfica do Arroio Grande até sua confluência com o Rio Vacacaí-Mirim, entre o rebordo da Serra Geral e a Depressão Central do Rio Grande do Sul (Figura 1). A área recobre os municípios de Itaára, Santa Maria, Júlio de Castilhos e Silveira Martins, entre as coordenadas UTM (N) 6734232 m e 6708548 m, e UTM (E) de 226477 m e 251796 m, no fuso 22, Datum SIRGAS 2000. Totaliza 374,87 km², sendo 298,91 km² a bacia do Arroio Grande e 75,96 km² a fração da bacia do Rio Vacacaí-Mirim.

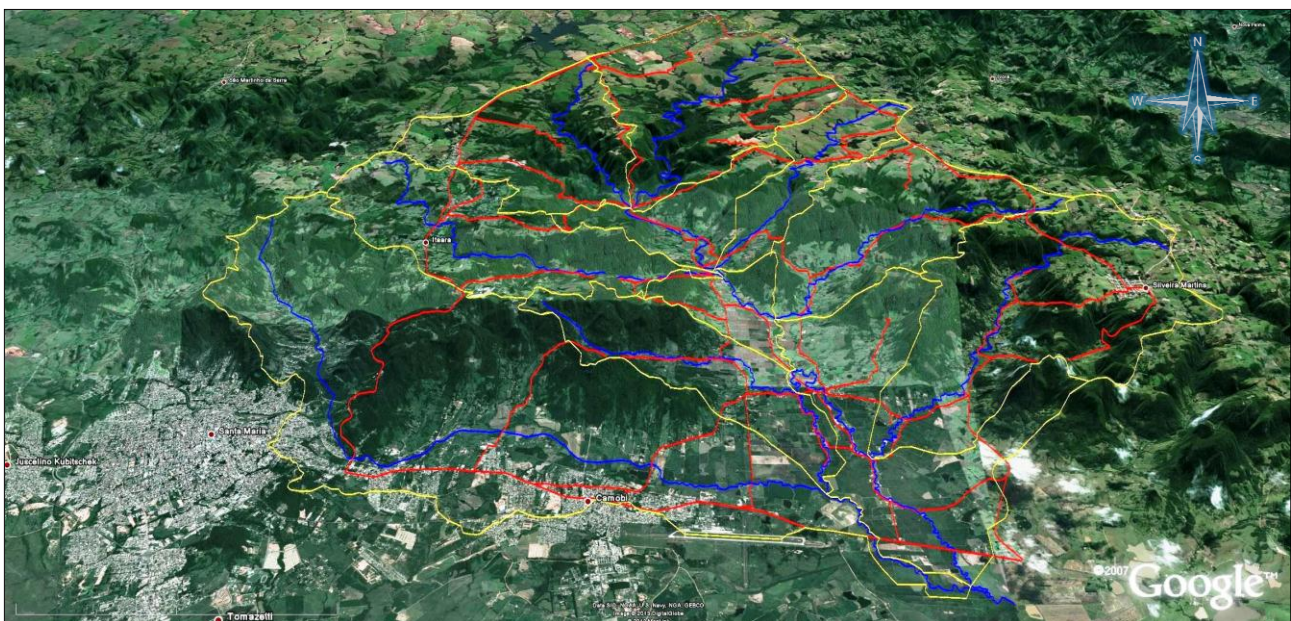


Figura 1 – Imagem da bacia hidrográfica e sub-bacias na região do estudo. As linhas amarelas representam os divisores de águas, as azuis os canais fluviais e as vermelhas são as estradas.

Fonte: Google Earth® - adaptado pelo autor.

Essa região tem sido severamente atingida por cheias e inundações nas últimas duas décadas e, por se caracterizar em uma bacia rural na zona de transição geomorfológica, pode servir de área piloto para aplicação de um método reeditável em outras bacias com características semelhantes.

Para o desenvolvimento do método utilizou-se um Modelo Digital de Terreno (MDT) elaborado por Miola (2013), que foi rigorosamente calibrado por levantamentos de campo e pontos de controle levantados por receptores GNSS de dupla frequência e alta precisão planialtimétrica

(acurácia subdecimétrica). Sobre esse MDT, Miola (2013) espacializou as áreas de inundação em função de chuvas com marcas de enchentes conhecidas, que serviram de testemunhas para validação dos níveis altimétricos da água nas áreas alagadas.

Para organizar o estudo e padronizar a terminologia usada na caracterização do sistema viário, as referências técnicas constam nos Manuais Técnicos do Ministério da Defesa (BRASIL, 2008 p.324). Conforme esse manual rodovia de uma só faixa é aquela que apresente, no terreno, leito com largura igual ou superior a 3 m e inferior a 6 m. Quando a largura for menor que 3m, ficará caracterizado o caminho carroçável ou trilha para *trekking*. A classificação das vias de transportes rodoviários, de acordo com Brasil (2008), ajusta-se adequadamente às necessidades dos planejamentos estratégico e operacional da mobilidade agrícola em bacias rurais.

O estudo da mobilidade rural, na área da pesquisa, considerou o sistema viário como um elemento da paisagem que não se restringe aos limites das bacias. Então, a estrutura viária adotada para o planejamento da mobilidade rural, consistiu de um polígono e seus acessos a qualquer lugar no interior da bacia. O perímetro inicia a partir do da BR-158, que delimita a bacia do Arroio Grande, na sua porção noroeste. Essa rodovia atravessa a região de estudo no sentido Norte-Sul, atravessando área urbana do município de Itaára, na porção mais alta da bacia, situada na Região do Planalto e percorre o rebordo da Serra Geral até encontrar a RS-509, já na Depressão Central do RS. O polígono segue pela RS-509 até a Avenida João Machado Soares, no bairro Camobi (Santa Maria), e vai até encontrar a estrada Norberto José Kipper (ERS-511), que cruza a planície de inundação do Rio Vacacaí-Mirim, em direção ao Distrito de Arroio Grande. Estende-se até o trevo da junção com a Rodovia do Imigrante (VRS-804), que liga a RS-509 ao Município de Silveira Martins. Daí, o delineamento do polígono viário segue em direção a nordeste e inflexiona em rumo noroeste, seguindo em direção ao Município de Ivorá. No trevo de ligação entre as estradas que unem Silveira Martins, Ivorá e Val de Serra (Distrito de Júlio de Castilhos), estende-se até o ponto de origem e fecha o polígono, na BR-158.

Para mapear esse polígono viário e classificá-lo foram utilizados diferentes tipos de veículos e equipamentos. O georreferenciamento da rede viária foi feito com de receptor GPS de navegação embarcado em automóvel, motocicleta ou bicicleta. Por meio do SIG, a área de alagamento foi espacializada e foi possível operar algebricamente a relação com a rede de linhas (trechos) e pontos (elos) do sistema viário. Obteve-se a quantidade de quilômetros e a localização das estradas circunscritas pelo polígono de alagamento, modelado para uma determinada chuva diária máxima, que pode também ser expressa por seu período de retorno (TR). Os mapas de trechos e elos que ficam circunscritos pelo polígono da área alagável foram obtidos pela ferramenta “Clip” da extensão “Spatial Analyst” do ArcGIS Desktop 9.2[®] (Figura 2).

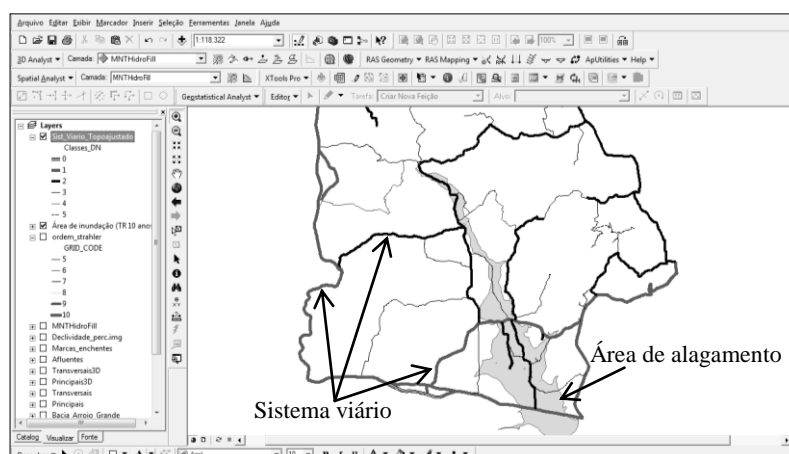


Figura 2 - Polígono da área de inundação circunscrevendo parte do sistema viário na área de pesquisas.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para obter indicadores da mobilidade rural durante os períodos em que as cheias não ocorrem, necessitou-se caracterizar o sistema viário por meio de critérios definidores da condição de fragilidade do sistema sofrer, em maior ou menor grau, o impacto das enchentes e inundações. A relação direta obtida pelo cruzamento entre uma estrada e um arroio foi dada pelo produto da classe de mobilidade da estrada *versus* a ordem fluvial do canal (Método de Strahler), na interseção.

Os nós de seções transversais foram então categorizados a partir dessa multiplicação, definindo o grau de fragilidade natural para a mobilidade, em cada local. As definições de cada classe seguiram o item 7.2.1.3 do manual MD33-M-02 (Brasil, 2008), e foram complementadas em algumas características observadas *in loco*. Atribuiu-se um índice dado em função de cada classe, chamado de Índice de Resistência à Mobilidade (IRM), com valor 0 (zero), para a classe de máxima fluidez, até 5 para a máxima resistência e mínima fluidez de tráfego, como mostra o quadro 1.

Classe de mobilidade viária	Tipificação	IRM
Autoestradas (Classe especial)	Rodovias de asfalto, concreto ou calçamento, com um número de quatro faixas, largura mínima 12 m de, com separação física entre pistas de tráfego (muretas ou canteiro central).	0
Rodovias pavimentadas (Classe 1)	Rodovias de asfalto, concreto ou calçamento, com um número variado de faixas, inferior a 4 pistas sem separação física entre as pistas de tráfego.	1
Rodovias não pavimentadas (Classe 2)	Rodovias transitáveis permanentemente com revestimento solto (estradas de terra entre povoados) e um número variável de faixas, que permitem tráfego mesmo em época de chuvas.	2
Rodovias de tráfego periódico (Classe 3)	Rodovias transitáveis somente em tempo seco, com revestimento solto ou sem revestimento e largura mínima de 3 m (estradas de terra que ligam os lugarejos entre si e aos povoados); são estradas com pouca ou nenhuma conservação e de traçado irregular.	3
Caminhos (Classe 4)	Vias transitáveis somente em tempo bom e seco, sem revestimento, caracterizado pela inexistência de conservação permanente, com piso e traçado irregulares; geralmente impraticáveis ao tráfego de veículos a motor, com largura média inferior a 3 m.	4
Trilhas (Classe 5)	Vias sem revestimento ou conservação, com pisos e traçados irregulares, só permitindo o tráfego a pé ou de animais.	5

Quadro 1 – Classificação do sistema viário e do índice IRM.

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado do manual MD33-M-02 (Brasil, 2008).

O IRM foi definido como um índice aplicado à topologia de linha (estradas) e possibilitou a geração de outro índice, elaborado para determinar o grau de risco de uma estrada ser usada quando toda a bacia hidrográfica estiver submetida a um evento de enchente. Esse segundo índice categorizou a fraqueza do sistema viário e teve por objetivo espacializar os locais (pontuais) de risco de uma enchente produzir situações de falta de mobilidade às comunidades da bacia. Ele foi denominado de Índice de Fragilidade Pontual (IFP), e foi definido para os cruzamentos do sistema viário com a rede de drenagem. O estabelecimento dos critérios de vulnerabilidade das estradas, em função da ordem do canal fluvial relaciona-se diretamente com seu potencial de inundação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar a vulnerabilidade de um sistema viário submetido às inundações, diversos autores, entre eles Chaudhari (2009), Gardiner (2009) Hossain e Davies (2004), Taylor e D’Este (S.I.), ressaltaram a complexidade das relações entre as estradas (com sua importância socioeconômica) e os desastres naturais, entre eles as inundações, cuja previsibilidade é incerta.

Ao serem dimensionadas as estruturas de mobilidade, no ambiente rural, nem sempre seus construtores seguem critérios técnicos recomendáveis, para suportar inundações. Principalmente, em relação às estradas rurais de terra, existem muitos equívocos relacionados aos seus traçados e, também, às estruturas de drenagem pluvial. Ocorre em muitos locais na bacia, estradas com trajetórias paralelas aos canais fluviais, sendo característica negativa para a prevenção das

inundações no sistema viário. Como consequência disso, surgem muitos cruzamentos das vias com os arroios, riachos, ribeirões, ou sangas de escoamento intermitente.

A partir do ordenamento hidrológico da rede de drenagem, conforme o Método de Strahler; e dos cruzamentos dessa rede com a malha viária, classificada pelo IRM, originou-se o IFP da mobilidade rural. Os resultados dessas classificações e da geração do IFP estão nos quadros 2 e 3 que, respectivamente, apresentam os valores dos IFPs da bacia em termos numéricos e em tipos de estruturas de transposição que podem ser encontradas.

		Magnitude Fluvial de Strahler					
		5	6	7	8	9	10
Índice de Resistência à Mobilidade	0	0	0	0	0	0	0
	1	5	6	7	8	9	10
	2	10	12	14	16	18	20
	3	15	18	21	24	27	30
	4	20	24	28	32	36	40
	5	25	30	35	40	45	50

Quadro 2 – Classificação numérica do Índice de Fragilidade Pontual na área de pesquisas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

		Magnitude Fluvial de Strahler					
		5	6	7	8	9	10
Índice de Resistência à Mobilidade	0	Galeria	Galeria	Galeria	Ponte asfalto	Ponte asfalto	Ponte asfalto
	1	Galeria	Galeria	Galeria	Ponte asfalto	Ponte asfalto	Ponte asfalto
	2	Galeria	Galeria	Ponte mista	Ponte mista	Ponte mista	Ponte asfalto
	3	Laje ou galeria	Laje ou galeria	Ponte de madeira	Ponte de madeira	Ponte mista	Ponte mista
	4	Sem estrutura	Vau (laje)	Vau (laje)	Ponte de madeira	Sem estrutura	Sem estrutura
	5	Sem estrutura	Sem estrutura	Sem estrutura	Sem estrutura	Sem estrutura	Sem estrutura

Quadro 3 - Tipificação das estruturas nos cruzamentos do sistema viário com a rede de drenagem na área de pesquisas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando as relações construídas a partir do cruzamento dos indicadores IRM e Strahler, estabeleceram-se intervalos de fragilidade pontual, cuja tipificação do problema fundamentou-se na observação *in loco* das ocorrências de cheias sobre as vias. Com essa informação foi possível estabelecer, por exemplo, que uma estrada de IRM 3 ao cruzar por um arroio de magnitude Strahler – Ordem 8 (para o máximo de 10) há elevado risco de obstrução à mobilidade. O quadro 4, a seguir, apresenta a classificação dos IFPs e seus significados na forma de estruturas observadas, bem como o grau do risco inerente ao problema da falta de mobilidade rural.

IFP	Tipo de estrutura de transposição	Risco
5 - 13	<ul style="list-style-type: none"> Para IRM (0, 1 e 2) e Strahler (5, 6 e 7), galerias; Para IRM (0, 1 e 2) e Strahler (8, 9 e 10), ponte de concreto e asfalto. 	Baixo
14 - 23	<ul style="list-style-type: none"> Para IRM=4 e Strahler=5, sem estrutura; Para IRM=3 e Strahler (5 e 6), laje; Para IRM=3 e Strahler=7, ponte de madeira; Para IRM=2 e Strahler (7, 8 e 9), ponte mista (concreto/madeira); Para IRM=2 e Strahler=10, ponte de concreto/asfalto. 	Médio
24 - 50	<ul style="list-style-type: none"> Para IRM=5 e qualquer ordem Strahler, passagem sem estrutura; Para IRM=4 e Strahler (6 e 7), laje; Para IRM=4 e Strahler=8, laje ou ponte de madeira; Para IRM=4 e Strahler (9 e 10), sem passagem; Para IRM=3 e Strahler=8, laje ou ponte de madeira; Para IRM=3 e Strahler (9 e 10), ponte concreto/madeira. 	Alto

Quadro 4 – Especificações sobre as relações entre os Índices de Fragilidade Pontuais do sistema viário e os tipos de estruturas de transposição nos cursos de água da bacia do Arroio Grande.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores e correspondentes estruturas elencadas no quadro 4 referem-se aos tipos observados na bacia da área de pesquisas. Para uma aplicação em outras áreas esse relacionamento, do IFP com o tipo de estrutura, deve ser analisado especificamente para o caso, pois as bacias hidrográficas são únicas, tanto em suas características hidrográficas, densidade de drenagem e ordem fluvial, quanto aos tipos de estruturas viárias existentes.

Os resultados obtidos para a categorização do sistema viário, segundo índices representativos de sua trafegabilidade e vulnerabilidade mostraram-se muito úteis para o planejamento e gestão da mobilidade rural, na área de pesquisas. Os mapas da classificação do sistema viário pelo IRM apresentam a condição de existência normal da mobilidade agrícola e rural em uma bacia hidrográfica. Os mapas das figuras 3 e 4, na sequência, mostram geograficamente a localização das áreas com maior concentração de pontos com fragilidades pontuais de alto risco, e mesmo que visualmente, deduz-se que a maior incidência de IFPs com alto risco encontra-se nas áreas de alagamento da planície de inundação.

Ao analisar os mapas das figuras anteriores, observa-se que a caracterização da fragilidade pontual resultou coerente com a realidade do sistema viário, na região do estudo. Para validar esta constatação, verifica-se por meio do mapa da figura 5, que nas estradas classificadas com o IRM=1 (rodovias asfaltadas), o IFP resultou em valores abaixo de 12, o que significa que nesses locais a transposição do sistema viário sobre a drenagem natural se dá de maneira eficiente. Nesses locais têm-se estruturas como galerias e pontes de concreto, que garantem a mobilidade permanente. Da mesma forma, ao observarem-se os pontos onde o IFP é simbolizado por círculos, nota-se a fragilidade pontual do sistema viário sendo influenciada pela condição de trafegabilidade, dada pelo $IRM \geq 3$, ou por um canal de drenagem que cruza a estrada, com magnitude fluvial ≥ 8 .

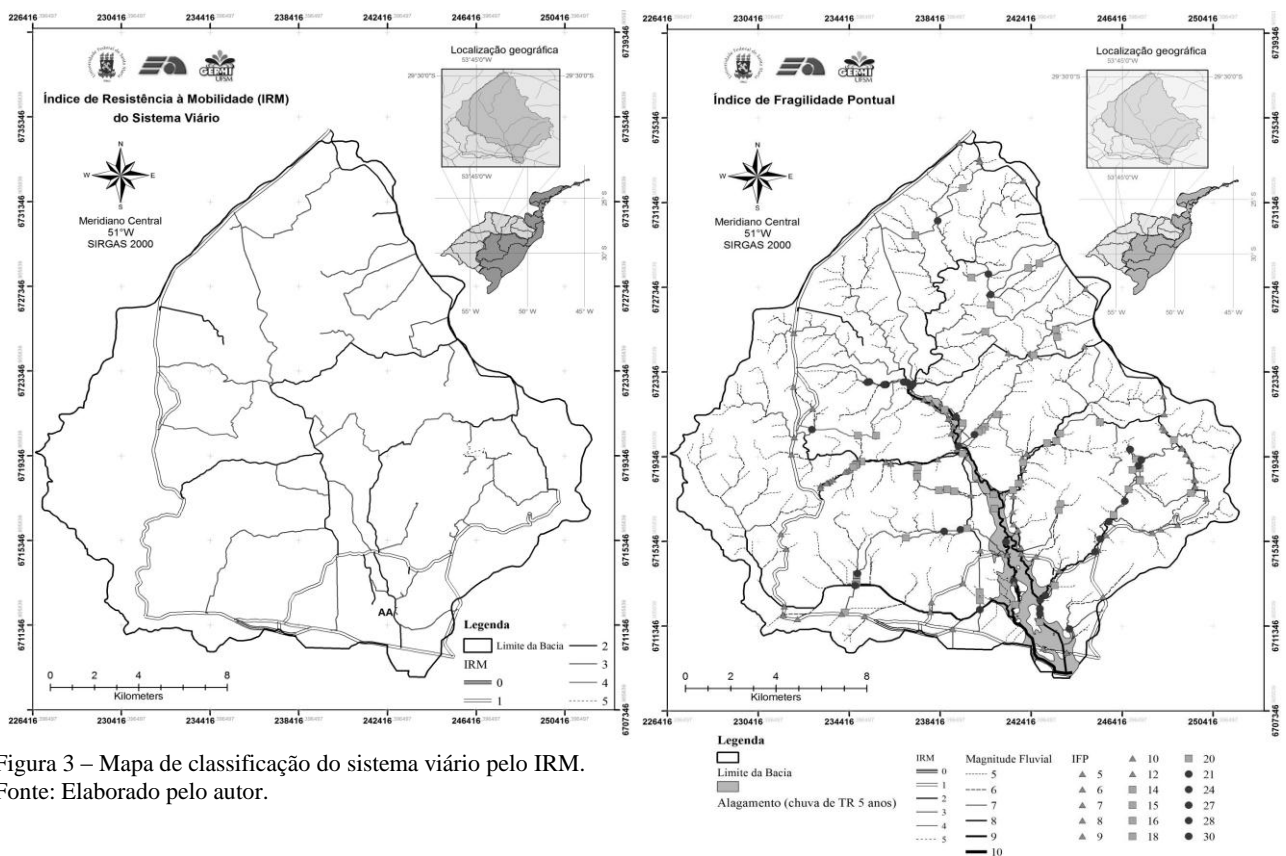


Figura 3 – Mapa de classificação do sistema viário pelo IRM.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4 – Mapa dos IFPs (cruzamentos entre o IRM e a magnitude fluvial de Strahler).
Fonte: Elaborado pelo autor.

CONCLUSÕES

A realização deste trabalho demonstrou que é possível produzir informações estratégicas para dar o “primeiro passo” na prevenção da falta de mobilidade em ambientes rurais, principalmente nas planícies de inundação. O método de avaliação do sistema viário submetido às condições adversas das enchentes permite definir os trechos e os pontos onde ocorrem as maiores fragilidades.

O desenvolvimento de critérios para o planejamento da mobilidade rural, a partir dos fatores de maior influência para o problema: a chuva, o relevo, a trafegabilidade das estradas e a magnitude fluvial dos canais que as cruzam, o método produziu indicadores coerentes com as situações reambuladas em campo, sendo então confirmado e validado. Ao provar a exequibilidade desse desenvolvimento, os estudos realizados demonstraram que a concepção desses indicadores tem aplicabilidade generalizada, podendo ser realizado em outras bacias rurais.

Nesses locais, o sistema viário é elemento fundamental para a produção agrícola e para a socioeconomia rural, e frequentemente apresenta condições adversas à movimentação de cargas e pessoas, impostas pelas enchentes. Ao propor uma classificação da fragilidade viária, baseada em indicadores numéricos (IRM e IFP) o método inova a possibilidade de organizar o planejamento físico rural, através de critérios técnicos de alto nível. Os critérios aplicados têm base geométrica e hidrológica, e o método apresenta aplicabilidade prática de fácil exequibilidade, pois depende somente do reconhecimento da trafegabilidade viária e da avaliação da magnitude do escoamento fluvial. Não há dependência de monitoramento fluviométrico sistemático nas seções de pontes, galerias, lajes ou outros tipos de estruturas usadas na transposição do sistema viário sobre a drenagem natural.

REFERÊNCIAS

- ADERAMO, A. J.; MAGAJI, S. A. Rural transportation and the distribution of public facilities in Nigeria: A case of local government area of Kwara State. *Journal of Human Ecology*, 2010. ISSN 0970-9274. Disponível em: <<http://www.krepublishers.com/02-Journals/JHE/JHE-29-0-000-10-Web/JHE-29-3-000-10-Abst-PDF/JHE-29-3-171-10-2024-Aderamo-A-J/JHE-29-3-171-10-2024-Aderamo-A-J-Tt.pdf>>. Acesso em: 02/11/11. Vol. 29, n.3, p. 171-179.
- BRASIL, Ministério da Defesa. Manual de abreviaturas, siglas, símbolos e convenções cartográficas das Forças Armadas. 3ª. ed. Brasília: Estado-Maior da Defesa, v. MD33-M-02, 2008. 338 p. il.
- CHAUDHARI, J. Evacuation Preparedness of Public Transportation and School Buses In Rural Coastal Communities of the North Gulf Region. Biloxi, Mississippi State: CENTER FOR URBAN RURAL INTERFACE STUDIES, v. Technical Memorandum 1: Literature Review, 2009. 26 p.
- EUROPEAN COMMISSION. European Flood Awareness System (EFAS). European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, 2012. Disponível em: <<http://efas-is.jrc.ec.europa.eu/>>. Acesso em: 31 ago. 2012.
- GARDINER, L. et al. Climate change effects on the land transport network volume two: approach to risk management. NZ Transport Agency Research Report 378. ed. Wellington: NZ Transport Agency, v. 2, 2009. 142 p. ISBN 978-0-478-34663-3.
- HOSSAIN, D. M. S.; DAVIES, D. C. G. A GIS to reduce flood impact on road transportation systems. Esri International User Conference, 2004. San Diego, CA: ESRI. 2004. p. 11. <<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc04/docs/pap1512.pdf>>
- MIOLA, A.C. Planejamento para comunidades rurais em situações de enchentes. Santa Maria-RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2013. 216p. Tese de Doutorado.
- NOAA - NWS. National Oceanic Atmospheric Administration - National Weather Service. Advanced Hydrologic Prediction Service, 2011. Disponível em: <<http://water.weather.gov/ahps/>>. Acesso em: 28 nov. 2011.
- OMM. Aspectos sociales y participación de los interesados en la gestión integrada de crecidas. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial, v. OMM - N° 1008, 2006. ISBN 92-63-31008-4. Documento técnico APFM N° 4, Serie “Políticas de gestión de crecidas”.
- SILVA, A.P.M.; Elaboração de manchas de inundação para o Município de Itajubá-MG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2006. 105p. il.
- TAYLOR, M. A. P.; D'ESTE, G. M. Transport Network Vulnerability: a method for diagnosis of critical locations in transport infrastructure systems. Transport Systems Centre, University of South Australia. [S.l.], p. 22.