

Avaliação das áreas com risco de inundações em Curitiba, Paraná – Brasil, a partir do cruzamento dos mapeamentos de cobertura da terra e de vulnerabilidade social

Elaiz Aparecida Mensch Buffon ¹
Otacílio Lopes de Souza da Paz ²

¹ Universidade Federal do Paraná - UFPR
LABOCLIMA - Laboratório de Climatologia, Centro Politécnico – Ed João Jose Bigarella -
210. 81531-970. Curitiba/PR. Brasil
eambuffon@gmail.com

² Universidade Federal do Paraná - UFPR
LAPE-CT - Laboratório de Análise de Padrões Espaciais e Cartografia, Centro Politécnico –
Ed João Jose Bigarella - 204. 81531-970. Curitiba/PR. Brasil
otacilio.paz@gmail.com

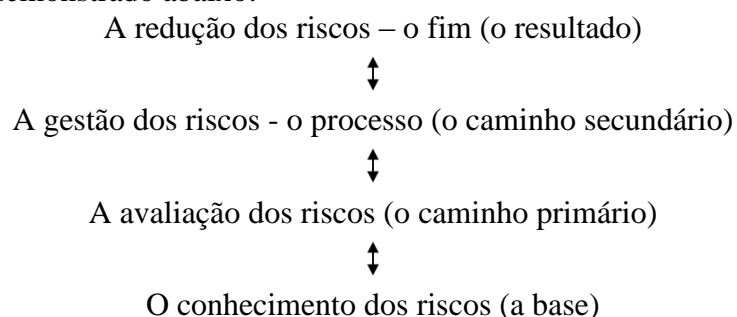
Abstract. Several authors define risk as a danger with impacts in the society. In order to analyze risks in urban environments, it is necessary to know the conditions of vulnerability of the environment and / or individual exposed to the danger. It is necessary to research methodologies that work integration of risks with social vulnerabilities. The metropole Curitiba (Paraná state, south Brazil) is in this context. Authors who analyzed risks and vulnerabilities in this city claim that the most socially vulnerable areas are located in environmentally vulnerable areas. In this work, we analyze quantitatively in Curitiba the inundation areas risk with buildings and the social vulnerability in inundation areas. Geospatial data on land cover, flood areas and social vulnerability were processed in the software ArcGis 10.1. The layers were cut by the inundation area. The topological consistency of the new data was verified. The area of each theme was calculated, allowing the quantitative analysis. As main results, approximately 59% of inundation areas do not have built-up areas. About social vulnerability, approximately 71% of inundation areas have medium to low social vulnerability. It is concluded that public land management policies, although not followed with the utmost vigor, regulates human occupation in inundation areas.

Palavras-chave: Geoprocessing; Urban planning; Territorial planning. Geoprocessamento; Planejamento urbano; Ordenamento territorial.

1. Introdução

O conceito de risco é marcado por um consenso popular sobre sua definição, que de modo geral se traduz a um perigo que pode causar impactos para a sociedade. Na dimensão acadêmica não há uma única definição até o momento que satisfaça a comunidade científica mundial e/ou nacional, sendo assim admite-se que o conceito de risco é polissêmico.

Arelado a essa polissemia existe a incorporação de outros termos na análise, como por exemplo: gestão, redução, conhecimento e avaliação. Cabe frisar que cada um desses termos possui um significado diferente devendo ser utilizados em momentos distintos (REBELO, 2010), conforme demonstrado abaixo:



O sistema de análise dos riscos demonstrado no esquema acima, composto por uma base, caminhos e resultado é extremamente complexo, em razão de ser um sistema dinâmico, especialmente em ambientes urbanos (DUBOIS-MAURY & CHALINE, 2004). Assim, para analisar os riscos em ambientes urbanos, torna-se necessário um conhecimento das condições de vulnerabilidades do ambiente e/ou indivíduo exposto aos perigos que materializam os riscos (PELLING, 2003).

Nesse sentido, compreende-se que não se pode realizar uma avaliação dos riscos (*risk assessment*) em ambientes urbanos sem empregar a sua construção socioeconômica (SLOVIC, 2000). Para isso, uma metodologia de análise utilizada é a integração dos riscos com as vulnerabilidades, sendo que a sua representação e gestão são acompanhadas de uma dimensão espacial. Nesse sentido, os estudos existentes, basicamente, abordam os riscos em três principais categorias, a saber: natural, social e tecnológico (VEYRET & RICHEMOND, 2007).

No contexto da cidade de Curitiba e seu aglomerado urbano metropolitano, muitos estudos recentes abordam a problemática socioambiental urbana, na perspectiva dos riscos e vulnerabilidades (MENDONÇA, 2004). Observa-se que esses estudos, especialmente, no que concerne a análise das inundações urbanas na dimensão de risco natural intensificado pela ação antrópica, são embasados em uma análise de função, ligação e relação na perspectiva da representação espacial qualitativa e empírica. Portanto estudos afirmam, a partir da sobreposição das condições de vulnerabilidades com a identificação das áreas de (em) riscos em uma observação visual da representação cartográfica, que as áreas mais vulneráveis socialmente se encontram localizadas em áreas ambientalmente mais vulneráveis (BUFFON, 2016; DESCHAMPS, 2004).

Com isso, este trabalho por meio dos mapeamentos da cobertura da terra e da vulnerabilidade social, visa abordar de forma quantitativa, o total (%) das áreas com risco de inundações que são edificadas, e avaliar (%) dentro dessa categoria, de áreas edificadas com risco de inundações, os diferentes níveis de vulnerabilidade social existentes. Determinou-se como área de estudo, a cidade de Curitiba (Figura 1) em sua unidade espacial de análise administrativa, por motivo de disponibilização de dados de cobertura da terra (FERREIRA, 2015), de dados sociais (IBGE, 2010) e de dados das áreas de inundações (ÁGUASPARANÁ, 2002), permitindo assim, uma análise em recorte espacial e temporal de forma não discrepante (escala temporal dos dados de 2010 a 2015).

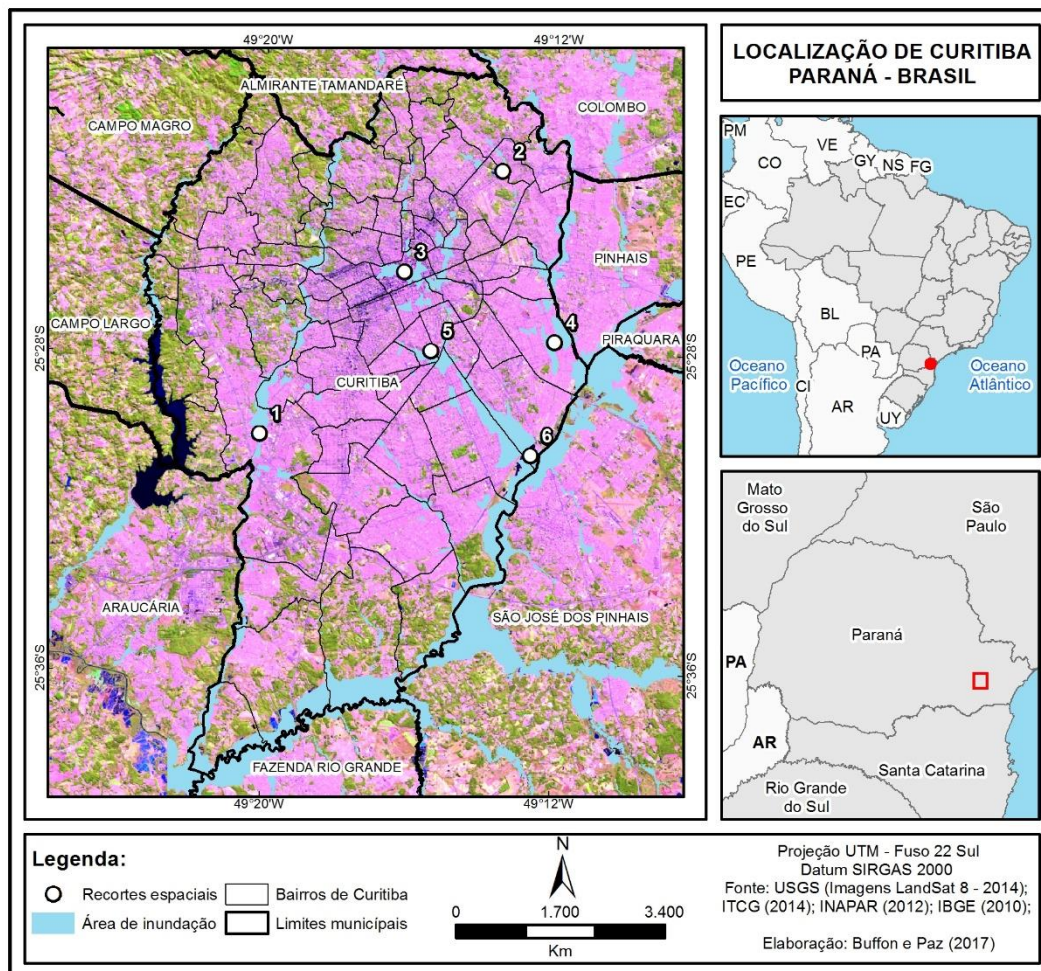


Figura 1: Carta-imagem e localização de Curitiba, Paraná – Brasil – identificação das áreas de inundações. Elaboração: Autores (2016).

A relação entre o ambiente social e natural como produto das vulnerabilidades foi estudada na Região Metropolitana de Curitiba por Deschamps (2004), considerando um cenário dos anos 2000. Este estudo apontou que na RMC, as áreas com risco de inundação concentram populações com grau de vulnerabilidade social de médio para altíssimo, assim como, os maiores fluxos de migração foram justamente para as áreas com alto e de alto para médio grau de vulnerabilidade social. Considerando essa afirmação, busca-se neste trabalho realizar uma primeira avaliação quantitativa dessa afirmação, considerando a unidade espacial administrativa do município de Curitiba, e um contexto mais recente (2010) da condições de vulnerabilidade social.

2. Metodologia de Trabalho

Com o objetivo de avaliar quantitativamente as áreas de risco de inundações em Curitiba sob uma perspectiva de cobertura da terra e vulnerabilidade social, tornou-se necessário realizar alguns mapeamentos que se fundamentam em técnicas estatísticas. Esses mapeamentos foram realizados utilizando o *software ArcGIS Esri 10.1*. Os materiais cartográficos utilizados corresponderam ao banco de dados vetoriais de delimitação de bairros e setores censitários disponibilizados pelo IBGE. As determinações de classes dos mapeamentos foram realizadas pela técnica *Natural Breaks* constante no programa *ArcGIS 10.1*, com essa técnica é possível formar grupos cujos setores sejam mais homogêneos.

2.1 Mapeamento da vulnerabilidade social

A construção do mapeamento de vulnerabilidade social foi realizada com base na técnica de cartografia de síntese (MARTINELLI 1991; SAMPAIO, 2012; BUFFON, 2016), por meio da álgebra de mapas e análise multicritério. Os passos aplicados foram: 1) a normalização dos dados, 2) a padronização dos valores, 3) a eleição e ponderação das variáveis, e 4) o processo de síntese dos valores. Desse modo, no Quadro 1 são apresentadas as variáveis e suas respectivas ponderação adotadas nos cálculos. É importante mencionar, que os dados referentes às variáveis, foram coletados junto ao banco de dados do recenseamento (CENSO- 2010) do IBGE na desagregação de setores censitários.

Ano/Dados	Categoria	Peso	Subcategoria	Peso	Variável
2010	Características dos domicílios	50%	Rede de esgoto ou fossa séptica	15%	Domicílios particulares permanentes sem rede de esgoto ou fossa séptica.
			Coleta de lixo	10%	Domicílios particulares permanentes sem coleta de lixo, com depósito na propriedade, terreno baldio, logradouro, rio, lago ou mar.
			Lixo em logradouro	10%	Domicílios particulares permanentes com lixo acumulado nos logradouros.
			Moradia/irregular	15%	Domicílios particulares permanentes em outra condição de ocupação (não são próprios, alugados, nem cedidos).
	Características dos moradores	50%	Renda	50%	Total responsável com renda até 2 salários mínimos.

Quadro 1 - Atribuição de pesos para as categorias e subcategorias no mapeamento de vulnerabilidade social em Curitiba. Elaboração: Autores (2016).

2.2 Mapeamento da cobertura da terra

Os dados utilizados para o mapeamento da cobertura da terra foram disponibilizados pela autora do trabalho da dissertação de mestrado intitulado “Cobertura da terra como indicador de qualidade ambiental urbana: estudo aplicado ao município de Curitiba-PR”. Os dados foram gerados a partir de uma chave classificatória proposta inicialmente por Valaski (2013) e adaptada por Ferreira (2015). Na legenda representativa da cobertura da terra urbana, a autora considerou três principais classes, a saber: espaços edificadas, espaços não edificadas e tráfego, que foram interpretadas por meio de imagens de satélite do Google Earth na escala aproximada de 1:5.000, datadas entre os anos de 2014 e 2015.

2.3 Mapeamento das áreas de inundações

As áreas de inundações foram delimitadas, a partir, de dados temáticos disponibilizados pelo Instituto de Águas do Paraná (AGUASPARANÁ, 2002), elaborado através de modelagem matemática no modelo de simulação hidrodinâmico Mike 11, com base em dados de vazão e de fatores associados à susceptibilidade às inundações. Esses dados temáticos correspondem a cenários atuais (dados aerolevantamentos de 1998) e tendenciais (decorrência da urbanização prevista para 2020), portanto adotou-se como tempo de recorrência das inundações o período de 10 e 25 anos.

2.4 Análise sintética e integradora dos mapeamentos

O plano de informação (PI) dos espaços edificadas e não edificadas foi recortado a partir do PI das áreas de inundações no *software* ArcGis 10.1 (ferramenta *clip*). O mesmo foi executado com o PI da vulnerabilidade social, sendo recortado pelo PI das áreas de inundações.

Na sequência, foi verificada a consistência topológica do PI dos espaços edificadas e não edificadas em áreas de inundações e do PI da vulnerabilidade social em áreas de inundações. Após, foi calculado a área de cada classe, gerando assim subsídio para análise proposta.

3. Resultados e Discussão

As tabelas 1 e 2 mostram as áreas com risco de inundações em distintas classes de cobertura da terra e de vulnerabilidade social para o município de Curitiba. De forma geral, observa-se que a classe não edificadas de cobertura da terra concentra a maior porcentagem das áreas com risco de inundações.

Tabela 1: Caracterização quantitativa da cobertura da terra (2015) associada às áreas com risco de inundações em Curitiba/PR, Brasil.

Áreas com risco de inundações	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Não edificadas	19,99	58,80
Edificadas	14,01	41,20
Corpos hídricos	3,24	9,52
Total	34,00	100,00

Elaboração: Autores (2016).

Na classe áreas edificadas de cobertura da terra, que compreende 41,20% do total das áreas com risco de inundações, conclui-se que 70,99% dessa área apresenta condições de vulnerabilidade dentro das categorias de muito baixa, baixa e média a baixa. Sendo que, apenas 5,09% da área concentra população mais vulnerável (vulnerabilidade muito alta), resultando assim, na necessidade de análises mais refinadas tanto em nível de desagregação de unidade espacial como temporal.

É importante, frisar neste momento, que o total de áreas com risco de inundações na classes edificadas foi de 14,01 (vide tabela 1) e, na tabela 2, o total de áreas edificadas com risco de inundações em distintas condições de vulnerabilidade foi de 13,57 em razão de que nessa área identificou-se setores sem dados e/ou sem domicílios que foram, sendo assim a área desses setores foram excluídas da análise, resultando numa diferença de área entre a tabela 1 e 2.

Tabela 2: Identificação da vulnerabilidade (2010) das áreas edificadas com risco de inundações em Curitiba/PR, Brasil.

Áreas edificadas com risco de inundações	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Vulnerabilidade muito baixa	2,63	19,39
Vulnerabilidade baixa	3,59	26,45
Vulnerabilidade média-baixa	3,41	25,15
Vulnerabilidade média-alta	1,32	9,74
Vulnerabilidade alta	1,93	14,19
Vulnerabilidade muito alta	0,69	5,09
Total	13,57	100,00

Elaboração: Autores (2016).

A abordagem quantitativa realizada nas tabelas 1 e 2, permite afirmar que as áreas edificadas na categoria de média-alta a muito alta vulnerabilidade social não correspondem a maior abrangência das áreas com risco de inundações. Nesse sentido, a fim de evidenciar os detalhes de tais análises, construiu-se a figura 2, que possibilita visualizar recortes espaciais das

áreas com risco de inundações analisadas quantitativamente sob a perspectiva de cobertura da terra e vulnerabilidade social.

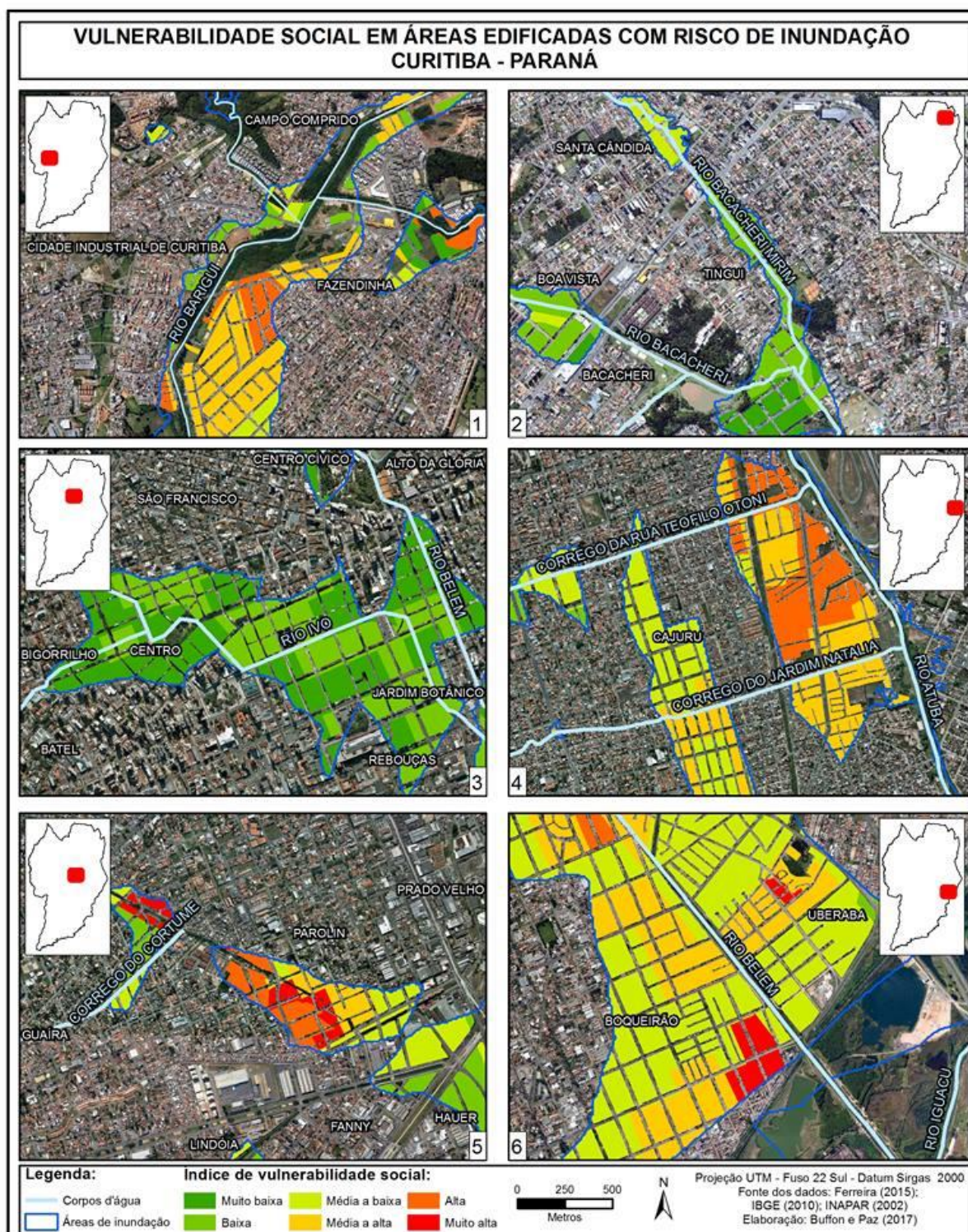


Figura 2: Recortes espaciais das áreas com risco de inundações em Curitiba – integradas às análises de cobertura da terra e da vulnerabilidade social. Elaboração: Autores (2016).

Os recortes espaciais selecionados na figura 2 representam padrões de cobertura da terra e de vulnerabilidade social distintos, em face das localizações geográficas na escala intraurbana de Curitiba. Os recortes (figura 2) demonstram, em alguns exemplos, a representação

segregativa das condições de vulnerabilidade social, enquanto, que em outros ocorre uma diversidade que ora é gradativa e, ora abrupta. Além disso, as cartas imagens dos recortes apresentadas na figura 2, permitem observar as áreas permanentes de proteção ambiental (APPs) em algumas localidades preservadas e, em outras ocupadas pela habitação humana.

A integração analítica entre mapeamentos, baseados em uma abordagem quantitativa de modelagem e de indicadores em índices sintéticos, permitem evidenciar conclusões importantes que podem subsidiar o planejamento urbano. Os atributos utilizados nos mapeamentos aqui apresentados são utilizados por outros autores conforme é evidenciando por Penteadó e Ferreira (2015), e concluem que tais atributos são necessários para a avaliação efetiva da vulnerabilidade. No entanto, os mesmo autores citam que os resultados podem ser melhorados uma vez refinado o nível de desagregação espacial e densidade da informação. Desse modo, o presente trabalho, coloca em pauta uma discussão exploratória a partir de um dado contexto espacial e temporal da problemática das inundações em Curitiba, mas que necessita de constantes reavaliações e testes, tanto na abordagem quantitativa como empírica, a afim de buscar uma melhor aproximação com o cotidiano (aqui e agora) que se coloca de fundamental conhecimento nas ações de planejamento urbano.

4. Conclusões

As áreas com risco de inundações urbanas em Curitiba caracterizam-se com maior abrangência em classe do tipo não edificado na análise de cobertura da terra. Entretanto, uma importante área (14,01 km² de um total de 34 km²) apresenta edificações, com distintas condições de vulnerabilidade social. Essa distinção de classes edificadas e não edificadas na cobertura da terra apresentou-se importante, uma vez que, nas áreas não edificadas os atributos analisados na vulnerabilidade proporcionam um maior grau de vulnerabilidade social, mas como não são áreas edificadas não existe habitação humana formal, portanto não é o mais adequado mapear e quantificar as duas classes em conjunto.

Após essa diferenciação de classes de cobertura da terra na análise das áreas com risco de inundações, este trabalho permite afirmar que as áreas edificadas com risco de inundação não correspondem, em sua maior totalidade, com habitações em condições de maior vulnerabilidade social. A abordagem sintética, agregando indicadores sociais em unidades físico-territoriais (cobertura da terra) e, posteriormente, delimitando unidade operacional de análise (áreas de inundações), permitiu avaliar de forma mais detalhada a problemática das inundações em Curitiba.

Os resultados apresentados neste trabalho, demonstram que o uso da afirmação, que as áreas mais vulneráveis socialmente se encontram localizadas em áreas ambientalmente mais vulneráveis, deve ser utilizada com cautela. Na dimensão visual da representação cartográfica essa afirmação é as vezes comprovada, mas quando se analisa a abordagem quantitativa cruzando informações pode se observar outros resultados. Por exemplo, esse trabalho ao cruzar a vulnerabilidade com a cobertura da terra, permitiu verificar que na classe de áreas edificadas com risco de inundações, 70,99% dessa área apresenta condições de vulnerabilidade dentro das categorias de muito baixa, baixa e média a baixa. Esse aspecto pode ser explicado, devido que nas áreas não edificadas as variáveis analisadas no mapeamento de vulnerabilidade social, são ausentes, ampliando assim a condição de vulnerabilidade na escala espacial de análise de setores censitários, que pode englobar parte da área com e sem domicílio.

Destaca-se que a avaliação das áreas com risco de inundações neste trabalho desenvolvida reflete as características intrínsecas das variáveis abordadas, e assim, alterações das variáveis e técnicas pode alterar os resultados de modo significativo. As análises aqui realizadas permitem contribuir no processo de gerenciamento de riscos ligados às inundações no nível local, possibilitando identificar lugares que necessitam urgente de medidas de prevenção e controle

de inundações, e além disso, infraestruturas para possibilitar alterar de modo positivo as condições de muito alta e alta vulnerabilidade social.

Possibilidades de avanços na análise do presente estudo, podem ser alcançados por meio de um maior refinamento das unidades espaciais de análise adotadas nas representações cartográficas dos mapeamentos.

Referências

- Buffon, E. A. M. **A leptospirose humana no AU-RMC (Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba/PR) – risco e vulnerabilidade socioambiental**. 2016. 171 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação Geografia, 2016.
- Deschamps, M. V. **Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba/PR**. 2004. 192 p. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- Dubois-Maury, J.; Chaline, C. **Les risques urbains**. Paris: Armand Colin, 2002.
- Ferreira, M. B. P. **Cobertura da terra como indicador de qualidade ambiental urbana: estudo aplicado ao município de Curitiba-PR**. 2015. 86 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação Geografia, 2015
- Martinelli, M. **Curso de cartografia temática**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 1991.
- Mendonça, F. A. **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: Editora da UFPR, 2004.
- Pelling, M. **The vulnerability of cities: natural disaster and social resilience**. London: Earthscan, 2003.
- Penteado-Rossini, D.; Ferreira, C. J. Mapeamento da vulnerabilidade para análise de riscos associados a processos geodinâmicos. In: Freitas, M. I. C. de.; Lombardo, M. A.; Zacharias, A. A. **Vulnerabilidades e riscos: reflexões e aplicações na análise do território**. Rio Claro (SP): UNESP – IGCE-CEAPLA, 2015. p. 77-94.
- Rebelo, F. **Geografia Física e Riscos Naturais**. Coimbra, Imprensa da Universidade de Coimbra, 2010.
- Sampaio, T. V. M. Diretrizes e procedimentos metodológicos para a cartografia de síntese com atributos quantitativos via álgebra de mapas e análise multicritério. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 121-131, 2012.
- Suderhsa - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Plano Diretor de Drenagem da Bacia do Alto Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba – 10 volumes**. Elaboração dos trabalhos: CH2M HILL do Brasil Serviços de Engenharia Ltda. Dezembro/2002.
- Slovic, P. **Perception of risk**. Londres, Earthscan, 2000.
- Veyret, Y & Richemond, N. M. Os tipos de riscos. In: Veyret, Y. **Os riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007. p.63-76.