

DETERMINAÇÃO DO GRAU DE RISCO À ENCHENTE NA BACIA DO CÓRREGO MORUMBI, MUNICÍPIO DE PIRACICABA-SP¹

NOVAES, Camila Pontin²; PERUSI, Maria Cristina³

RESUMO

No território brasileiro identificam-se diversos problemas ambientais, dentre os mais comuns destacam-se as enchentes. Esse fenômeno se concentra de forma expressiva nas áreas urbanas, onde o processo de urbanização possui papel fundamental por estar diretamente relacionado à poluição dos corpos hídricos, dizimação parcial e mesmo total da vegetação, em especial a ciliar, apesar da legislação vigente, intensa impermeabilização do solo, entre outros, que provocam impactos negativos sobre o meio ambiente. Dessa forma, este trabalho teve por objetivo principal determinar o grau de risco ambiental relacionado às enchentes na bacia do Córrego Morumbi, localizada na cidade de Piracicaba/SP, onde anualmente ocorrem enchentes que acometem a população, como no caso do Rio Piracicaba e Ribeirão Piracicamirim, historicamente registradas. Para tanto, foi utilizada a metodologia proposta por Oliveira e Robaina (2004), que considera três variáveis: suscetibilidade natural; padrão urbano da área; registro de acidentes (eventos), que quando cruzadas levam à determinação do grau de risco. O Grau de risco resultou na determinação dos Graus de *Risco III - Moderado*, no qual a área apresenta-se com suscetibilidade natural e está ocupada com moradias de Alto Padrão Urbano com registro de ocorrências e do *Risco IV - Baixo*, quando a área ocupada com Alto Padrão apresenta suscetibilidade natural e não tem registro de ocorrência de eventos.

Palavras-chave: Enchentes. Grau de risco. Urbanização. Suscetibilidade natural. Ocupação irregular.

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE RIESGO DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL ARROYO MORUMBI, PIRACICABA-SP

RESUMEN

En Brasil se identifican diversos problemas ambientales, entre los más comunes se encuentran las inundaciones. Este fenómeno se centra de forma expresiva en las zonas urbanas, donde el proceso de urbanización tiene un papel clave pues está directamente relacionada con la contaminación de cursos hídricos, disminución parcial o incluso total de la vegetación, especialmente en lo que se refiere a la vegetación ciliar (a pesar de la legislación vigente), intensa impermeabilización del suelo, entre otros, que repercuten en impactos negativos sobre el medio ambiente. Este estudio tuvo como objetivo principal determinar el grado de riesgo ambiental relacionado con las inundaciones en la cuenca del arroyo Morumbi, situada en Piracicaba / SP, donde anualmente ocurren inundaciones que afectan a la población, como en el caso del Río Piracicaba y Ribeirão Piracicamirim, históricamente registradas. Para ello, se utilizó la metodología propuesta por Oliveira y Robaina (2004), que considera tres variables: la susceptibilidad natural; patrón urbano del área; registro de accidentes (acontecimientos), que cuando relacionadas conducen a la determinación del grado de riesgo. El grado de riesgo resultó en la determinación del riesgo de los Grado III - Moderado, en el que el área que se presenta con susceptibilidad natural y está ocupada por viviendas de Alto estándar; ya con registro de Riesgo IV - Bajo, cuando el área ocupada por Alto estándar cuenta con la susceptibilidad natural y no tiene acontecimientos registrado.

Palabras clave: inundaciones; grado de riesgo; urbanización; susceptibilidad natural, ocupación irregular

DETERMINATION OF FLOOD RISKS IN THE MORUMBI STREAM BASIN, PIRACICABA-SP

ABSTRACT

In Brazil can be identified several environmental issues, one of the most recurrent are the floods. This phenomenon is concentrated in urban areas, in which the urbanization process has a key role being directly related to pollution of rivers, partial decimation and even total of the vegetation, especially the riparian, despite the current legislation, and intense sealing soil, among others factors, causing impacts on the

¹ Artigo resultante da Dissertação de Mestrado.

² Aluna do Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP – Campus de Presidente Prudente, camilapontin@yahoo.com.br

³ Professora Assistente Doutora do curso de Geografia da UNESP – Campus de Ourinhos, cristina@ourinhos.unesp.br

environment. Therefore, this paper aimed to determine the risk degree of floods in Morumbi stream basin, located in Piracicaba/SP, where floods occur every year affecting the population, such as in the case of floods in the rivers Piracicaba and Piracicamirim, historically documented. For this, it was used the methodology proposed by Oliveira and Robaina (2004), which considers three variables: natural susceptibility; urban pattern; accident registrar (events), when crossed lead to determine the risk degree. The risk degree resulted in the Risks Grade III - Moderate, in which the area is presented with natural susceptibility and is occupied with Urban High Standard with event records and the Risk Grade IV – Low, when the High Standard occupied area features natural susceptibility and has no record of events occurring.

Keywords: floods; risk degree; urbanization; natural susceptibility, irregular occupation.

1. Introdução

Entende-se por enchente o fenômeno de aumento do nível de água do rio em razão de fortes precipitações periódicas, atingindo a água o seu leito menor ou leito de cheia (ALMEIDA, 2011). O termo enchente é adotado neste trabalho devido ao fato de ocorrer ocupação de áreas próximas aos cursos d'água, muitas vezes avançando para dentro do leito menor dos rios e córregos, levando a incidentes que ocorrem nos limites do leito de cheia natural. Tal fato se deve ao intenso processo de expansão urbana e seu caráter desordenado. Logo, se trata da presença do homem e a proximidade com que este se estabelece com relação ao curso d'água.

O processo de urbanização provoca enchentes devido à intervenção antrópica, que consequentemente resulta em impermeabilização de superfícies, modificação da cobertura vegetal local e obstrução do canal hídrico. Ainda, a ocupação de áreas ribeirinhas, tais como várzeas, áreas de inundação frequente e zonas alagadiças, que ocorrem naturalmente, colocam a população muito próxima, inclusive dentro, de áreas de risco de enchente. Com o aumento dos espaços urbanizados, de extensão construída, essas áreas de várzea que estão sujeitas sazonalmente ao alagamento ficam suprimidas, provocando aceleração do escoamento, intensificação dos picos de vazão e das enchentes.

De acordo com o IBGE (2010), 84,4% da população total do Brasil moram em áreas urbanas. A região sudeste segue como a mais urbanizada do país, com 92,9% da população. Além disso, esse processo no Brasil tem ocorrido de forma pouco planejada, com ocupação de áreas irregulares e de risco geomorfológico, como fundos de vale e encostas. Na referida região, anualmente, centenas de pessoas morrem e milhares ficam desalojadas ou desabrigadas por causa das chuvas, enchentes, deslizamentos, soterramentos e doenças decorrentes da exposição à água contaminada e proliferação de vetores. De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, no volume São Paulo (CEPED, 2011), dentre os anos de 1991 e 2010 no Estado de São Paulo, as inundações resultaram em 40 pessoas gravemente feridas, 48 desaparecidas, 485 levemente feridas, 2.555 enfermas, 169 mortas, 69.206 desabrigadas, 69.521 deslocadas, 112.581 desalojadas e 4.138.650 afetadas.

Inserido neste contexto está o município de Piracicaba, localizado no centro-leste do Estado de São Paulo, onde boa parte dos fundos de vale urbanos é caracterizada pelo intenso processo de ocupação, o que leva à impermeabilização do solo e incipiente cobertura vegetal, provocando um desequilíbrio hidrológico, comprovado pelos reincidentes episódios de enchentes em diversos pontos da cidade, como no entorno do Rio Piracicaba e do Ribeirão Piracicamirim, que acometem a população causando danos e prejuízos.

Nesse sentido, a determinação do grau de risco a enchentes pode ser utilizada para o planejamento e ordenamento do território, norteado para a identificação das áreas caracterizadas e avaliadas como de risco. Essa informação pode ainda ser empregada na distribuição espacial dos aglomerados populacionais, otimizando o uso territorial e diminuindo os impactos negativos sobre os mesmos.

Este trabalho tem por objetivo a determinação do grau de risco a enchentes na bacia do córrego Morumbi, município de Piracicaba/SP (Figura 1).

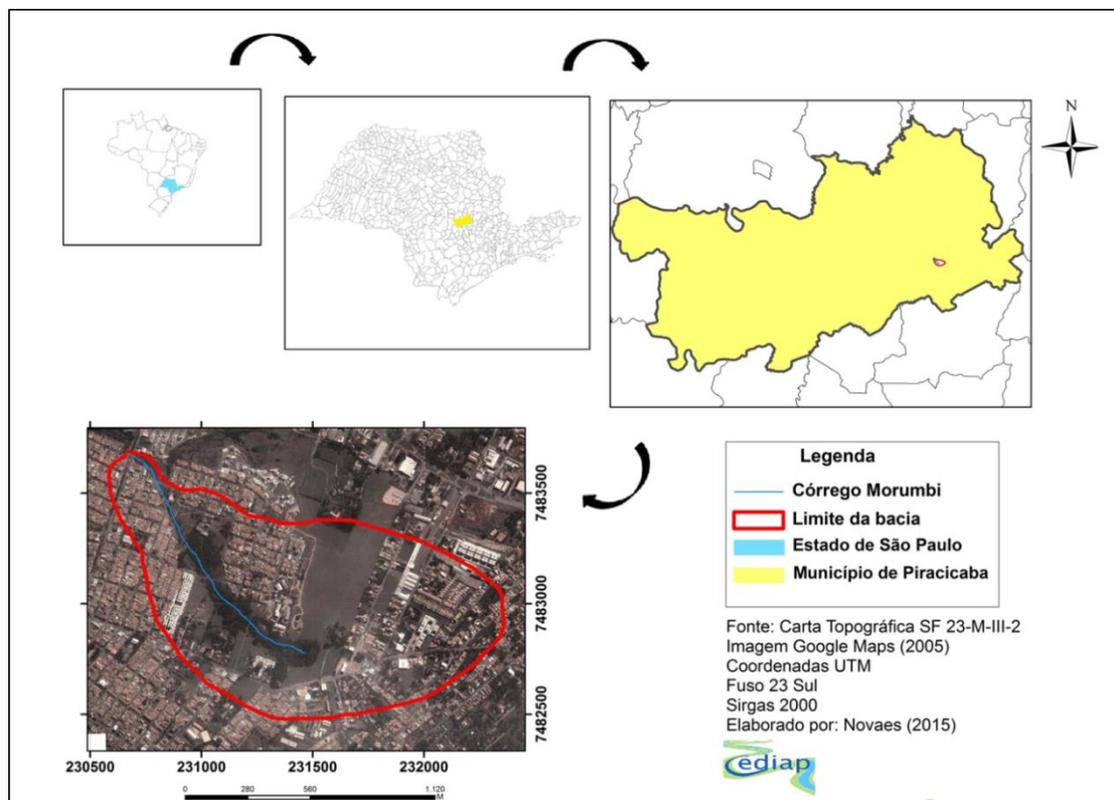


Figura 1: Mapa de localização da bacia do córrego Morumbi. Elaborado por: NOVAES (2015).

A bacia do córrego Morumbi está inserida no contexto urbano do município de Piracicabalocalizado no interior do Estado de São Paulo, que tem sua sede na Latitude $22^{\circ}42'30''S$ e Longitude $47^{\circ}38'01''W$, fazendo divisa com treze municípios: Rio Claro, Iracemápolis, Limeira, Santa Bárbara d'Oeste, Rio das Pedras, Saltinho, Tiete, Laranjal

Paulista, Conchas, Anhembi, Santa Maria da Serra, São Pedro e Charqueada. Piracicaba possui unidade territorial de 1.376,913Km², com densidade demográfica de 264,77 hab/Km² (IBGE,2010), conta com uma população de 388.412 habitantes e desse total, 356.743 (97,85%) vivem em área urbana (IBGE, 2014). A bacia em questão possui uma área de 1,26 Km² e está inserida na sub-bacia do Ribeirão Piracicamirim, que por sua vez se insere na bacia do Rio Piracicaba.

2. As enchentes urbanas

De maneira geral, para Pompêo (2000), as enchentes são fenômenos naturais que ocorrem periodicamente nos cursos d'água devido às chuvas de elevada magnitude. Para o referido autor, as enchentes em áreas urbanas podem ser decorrentes de chuvas intensas de largo período de recorrência dos episódios, devido a transbordamentos de cursos d'água provocados por mudanças de equilíbrio no ciclo hidrológico em regiões a montante das áreas urbanas ou ainda por causa da própria urbanização.

Áreas urbanizadas são mais suscetíveis à inundação, pois uma determinada precipitação que antes da urbanização não causaria enchentes, após esse processo podem resultar em vazões muito maiores e inundações generalizadas devidas, principalmente, à remoção da vegetação, à impermeabilização do solo e à canalização do rio, além do carregamento de sedimentos, lixo e esgoto para os cursos d'água (GONDIM FILHO et al., 2004 apud SILVA; SANTOS, 2010).

Segundo a Classificação Geral dos Desastres e na Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos, estabelecidos pela Política Nacional da Defesa Civil (2007), as enchentes estão relacionadas com o incremento das precipitações hídricas. Porém, antes de serem desastres, as enchentes são fenômenos naturais, intrínsecas ao regime dos rios. Quando esse fenômeno entra em contato com a sociedade, causando danos, passa a ser um desastre (CEPED, 2011). Dessa forma, desde as primeiras ocupações primitivas, as populações expunham-se aos episódios de avanço e recuo das águas fluviais.

A ocorrência de um desastre natural é caracterizado pela:

[...] ocorrência de pelo menos um destes fatores: 10 ou mais óbitos; 100 ou mais pessoas afetadas; declaração de estado de emergência ou calamidade pública pelo município, estado ou país; pedido de auxílio internacional (critérios definidos por SCHEÛREN et al. 2008). Quando o mesmo fenômeno ocorre em uma área sem moradias é denominado de evento natural; quando atinge uma área habitada, mas o número de óbitos ou pessoas afetadas não atinge o critério mencionado acima, é denominado acidente (AMARAL, R.; GUTJAHR, 2011, p.21).

Entende-se que a enchente consiste no fenômeno que ocorre quando há o aumento do nível de água do rio em razão de fortes precipitações periódicas, mas sem transbordamento da água para além do seu leito menor ou leito de cheia. A importância de se analisar as enchentes se deve ao fato de haver moradias e atividades localizadas nesse limite, no qual a cheia natural atinge a população presente.

As enchentes podem ainda ser definidas, segundo Vianna (2000), como eventos em que são verificados valores extremos de vazão associados à inundação de planícies ou áreas adjacentes ao canal principal dos cursos d'água. São fenômenos naturais dos regimes dos rios e outros corpos d'água, sendo que todo rio tem sua área natural de inundação, que passa a ser um problema quando os limites naturais dos rios não são respeitados.

As enchentes provocadas pela urbanização, segundo Pompêo (2000), ocorrem devido ao excessivo parcelamento do solo e consequente impermeabilização de grandes superfícies, pela ocupação de áreas ribeirinhas tais como várzeas, áreas de inundação frequente e zonas alagadiças, pela obstrução de canalizações por detritos e sedimentos lançados nos corpos d'água e às obras de drenagem inadequadas.

A condição da vegetação local também interfere, no sentido de que quando há a retirada e substituição da cobertura vegetal natural, estes se tornam fatores modificadores que, em muitas situações, resultam simultaneamente em redução de tempo de concentração e em aumento do volume de escoamento superficial, causando o extravasamento de cursos d'água. Com o aumento das áreas urbanizadas, das áreas construídas, essas áreas de várzea, que estão sujeitas sazonalmente ao alagamento, ficam suprimidas provocando aceleração dos escoamentos, intensificação dos picos de vazão e das inundações.

A urbanização tende a agravar os eventos de enchente, estabelecendo uma relação praticamente direta entre a densidade urbana, a impermeabilização do terreno e o aumento dos eventos de enchentes. Pode ainda provocar aumento das vazões máximas em até sete vezes em média, devido à impermeabilização do solo e o aumento das condições de escoamento por dutos e canais, o que também incide na degradação da qualidade das águas, no aumento dos processos erosivos e no assoreamento dos corpos d'água por sedimentos e resíduos sólidos (MATTEI, 2005).

Para Tucci (1995), as enchentes em áreas urbanas podem ocorrer por consequência de dois processos, de maneira isolada ou de forma integrada. Sendo o primeiro as enchentes em áreas ribeirinhas, que são as enchentes naturais que atingem a população que ocupa os leitos de rios por falta de planejamento do uso da terra. Essas enchentes ocorrem, principalmente pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito menor, de

acordo com os eventos extremos, em média com tempo de recorrência da ordem de dois anos. Segundo, seriam as enchentes devido à urbanização, que provocam aumento da frequência e magnitude devido à ocupação da terra com superfícies impermeáveis e instalação de rede de condutos de escoamentos. Adicionalmente, o desenvolvimento urbano pode produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento. A diferença entre os dois tipos ocorre devido ao primeiro ser um processo natural de cheia do rio, e o segundo ocorrer pela intervenção antrópica no meio.

Esses processos são significativos em bacias hidrográficas urbanas, tendo em vista as características inerentes de tal unidade referentes à sua área de contribuição e as alterações que a urbanização provoca. Sendo assim, passa a ser a unidade apropriada de análise de enchentes.

3. Risco e determinação do grau de risco a enchentes

A presente pesquisa trata do risco de enchentes, considerando-o uma condição potencial de ocorrência de um acidente, ou seja, uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e sua propriedade, em razão da possibilidade de ocorrência de processos naturais. No entanto, vale destacar que as situações de risco não estão desligadas do que ocorre em seu entorno, o ambiente, em seu sentido amplo, seja o ambiente natural, seja o construído pelo homem (social e tecnológico). Portanto, o termo risco ambiental seria o mais adequado. Dessa forma, “o risco ambiental torna-se um termo sintético que abriga os demais, sem que eles sejam esquecidos ou menosprezados” (DAGINO; CARPI JÚNIOR, 2007, p.60).

Para compor a análise do risco ambiental, devem-se associar características naturais e sociais. Como indicadores ambientais, têm-se os aspectos climático (regime de chuvas), hidrológico (rede hidrográfica), geomorfológico (proximidade de cursos d’água, ocupação de encostas), a urbanização e a exposição à degradação ambiental (moradia com baixa cobertura de esgoto, tratamento de água e manejo de resíduos sólidos) (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2004).

Para Brum Ferreira (1993, apud Oliveira e Robaina, 2004) a definição de risco está integrada à noção de risco ambiental, subdividido em Natural e Antrópico. Os riscos naturais seriam definidos por riscos geológicos, climáticos e geomorfológicos. Dentro desta concepção, o risco geomorfológico indica áreas sujeitas à ocorrência de desastres naturais relacionados à dinâmica superficial, através de dinâmica de encostas e por dinâmica

fluvial. Os riscos por dinâmica fluvial ocorrem geralmente em áreas planas, localizadas próximas à rede de drenagem e sujeitas a inundações, alagamentos e erosão de margens. Já o risco ambiental relacionado à ação antrópica, está ligado à dinâmica do espaço urbano, como ocupação inadequada e à vulnerabilidade do território, ligados à população, equipamentos, organização social e econômica e recursos naturais.

Para Manzione (2011, p.26), o conceito de risco é abordado mais frequentemente associado ao perigo de um determinado evento, podendo estar relacionado a processos naturais ou ser consequência de atividades humanas. Dessa forma, o risco é um produto do **perigo** - que é a probabilidade de ocorrência de um fenômeno potencialmente danoso num certo período de tempo numa determinada área; da **vulnerabilidade** - que representa o grau de perdas humanas e sociais, físicas e econômicas dos elementos; e dos **elementos** em risco - expresso por todos os objetos, pessoas, animais, atividades e processos que podem ser afetados de maneira adversa por um fenômeno potencialmente perigoso, em uma área particular, tanto direta como indiretamente, isso inclui população, propriedades, edifícios, instalações, atividades econômicas, incluindo serviços públicos, ou mesmo o meio ambiente (fauna, flora, solo, água, ar) em risco em uma determinada área.

Para o referido autor (2011, p.26), as perdas humanas e sociais podem ser primárias ou secundárias. As primárias referem-se às fatalidades ocorridas, ao número de feridos, desabrigados, perda de renda ou oportunidades de emprego e as secundárias abrangem doenças, invalidez, impactos psicológicos, perda de coesão social por ruptura das estruturas comunitárias e instabilidades políticas em virtude de insatisfações com as medidas do governo frente à crise. As perdas físicas também podem ser classificadas como primárias, através de sedimentação, poluição, danos estruturais ou colapso de edifícios e infraestrutura, danos não estruturais e aos conteúdos, ou como secundárias com a deterioração progressiva dos edifícios afetados e da infraestrutura que não é reparada. Já as perdas econômicas primárias são aquelas geradas pela interrupção dos negócios em virtude de danos a edifícios e infraestrutura, perda de mão de obra na produção em virtude de fatalidades, feridos ou forças de socorro, custo do plano de resposta e socorro, e as secundárias são causadas por perdas nas agências de seguro e aumento dos prêmios pagos, perdas nos mercados e nas oportunidades de comércio por interrupção das atividades, perda de confiança por parte de investidores e diminuição nos fluxos de mercado e custo dos reparos.

Risco é compreendido ainda por Lopes e Reis (2011, p.15), como a probabilidade de consequências prejudiciais, ou perdas esperadas (mortes, pessoas afetadas, danos às propriedades, meios de subsistência, atividade econômica interrompida ou danos

ambientais) resultado das interações entre perigo natural ou por indução humana e condições de vulnerabilidade.

Nesse sentido, para Oliveira et al.(2004), o planejamento e o ordenamento do território deverão ser norteados para a identificação das áreas suscetíveis, caracterizadas e avaliadas quanto às características naturais, de maneira a serem utilizadas na distribuição espacial dos aglomerados populacionais, otimizando o uso e diminuindo os impactos sobre as mesmas. As áreas mais suscetíveis aos processos naturais possuem, conseqüentemente, uma capacidade menor para uma série de usos.

A avaliação e hierarquização das situações de risco servem de base para a gestão das áreas de risco que devem estar inseridas nas políticas de desenvolvimento urbano. Entendendo-se como gestão as ações para a identificação da tipologia do processo, o mapeamento das áreas de risco, o monitoramento e as medidas estruturais e não estruturais que podem ser adotadas (BRASIL, 2007).

Para Marcelino et al. (2006), o mapeamento de áreas de risco é um dos instrumentos de análise de risco mais eficiente, pois a partir deste mapa é possível elaborar medidas preventivas, planificar as situações de emergência e estabelecer ações conjuntas entre a comunidade e o poder público, com o intuito de promover a defesa permanente contra os desastres naturais. As medidas preventivas estão associadas à identificação das áreas com maior potencial de serem afetadas, onde são hierarquizados os cenários de risco e a proposição de medidas corretivas.

Segundo a Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que rege a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, no Art 6º, inciso III, cabe à União promover estudos referentes às causas e possibilidades de ocorrência de desastres de qualquer origem, sua incidência, extensão e consequência. Sendo que o inciso IV, deste mesmo artigo, define que cabe à União também apoiar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios no mapeamento das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e nas demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. A PNPDEC orienta que o gerenciamento de riscos e de desastres deve ser focado nas ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação e demais políticas setoriais, com o propósito de garantir a promoção do desenvolvimento sustentável.

A elaboração e implantação dos Planos de Proteção e Defesa Civil nos três níveis de governo estabelecem metas de curto, médio e longo prazo. Além de possuir um Sistema Nacional de Informações e Monitoramento de Desastres, Profissionalização e a qualificação, em caráter permanente, dos agentes de proteção e defesa, um cadastro

nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, entre outras.

A avaliação do risco de enchentes adotado pelo Ministério das Cidades em 2007 considera três variáveis, sendo elas: a) Análise dos cenários de risco e potencial destrutivo dos processos hidrológicos ocorrentes (refere-se à identificação do cenário hidrológico presente em cada área a ser investigada); b) A Vulnerabilidade da ocupação urbana (refere-se à vulnerabilidade da ocupação urbana presente em cada área de risco). A avaliação da vulnerabilidade compreende a análise do padrão construtivo; c) Distância das moradias ao eixo da drenagem. Este último critério para análise de risco refere-se à distância das moradias ao eixo da drenagem, logicamente considerando o tipo de processo ocorrente na área e o raio de alcance desse processo (BRASIL, 2007).

Na pesquisa em questão trabalhar-se-á com a proposta apresentada por Oliveira e Robaina (2004), na qual a análise de riscos associados a processos de geodinâmica externa, e que são chamados de risco geomorfológico, levam em conta os seguintes parâmetros: suscetibilidade natural, ocupação humana e registro de ocorrência de acidentes. O cruzamento dos dados permite determinar o grau de risco ambiental. Em seu estudo da Bacia do Arroio Cadena, na cidade de Santa Maria/RS, Oliveira e Robaina (2004) identificaram problemas vinculados principalmente à dinâmica fluvial, associados à susceptibilidade natural da planície de inundação e de seus afluentes, e de dinâmica de vertentes, associado ao relevo e referentes a processos erosivos decorrentes do material rochoso friável. Gerou-se um mapa de zoneamento e hierarquização de risco, cuja importância se reflete no planejamento ambiental e urbano.

Gomes (2008), utilizando-se da mesma metodologia nas microbacias dos córregos Furninhas e Chumbeadinha, Ourinhos/SP, obteve os graus de Risco Alto para a microbacia do córrego Furninhas e Risco Moderado para a microbacia do córrego Chumbeadinha. Uma vez estabelecidos os graus de risco, a autora busca dialogar a respeito das diferentes formas de apropriação dos fundos de vale.

Em Novaes (2012), a partir desta metodologia, foram determinados os graus de Risco Alto para os imóveis comerciais e o Risco Iminente para os imóveis residenciais da Rua do Porto, município de Piracicaba-SP, local de grande importância histórica e turística da cidade, além de área residencial, que sofre com os reincidentes episódios de enchentes, podendo essa informação auxiliar na atuação da Defesa Civil Municipal.

Nesse sentido, o planejamento e o ordenamento do território deverão ser norteados para a identificação das áreas suscetíveis aos processos naturais, assim o mapeamento

destas áreas auxilia na definição de planos de ação e prioridades de ajuda que devem ser associadas às políticas de defesa civil, que sejam realizáveis e eficazes (OLIVEIRA et al.,2004).

4. Procedimentos Metodológicos

Baseado na metodologia adotada por Oliveira e Robaina (2004) foi determinado o grau de risco ambiental na bacia hidrográfica. Essa metodologia leva em conta as seguintes variáveis: suscetibilidade natural; padrão urbano da área; registro de acidentes (eventos); e definição do grau de risco.

De acordo com a metodologia adotada, pôde-se identificar a suscetibilidade natural aos eventos de enchentes na bacia do córrego Morumbi, município de Piracicaba/SP, conforme a presença ou não de pelo menos uma das características físicas citadas no Quadro 1.

QUADRO 1

Variáveis consideradas na avaliação da suscetibilidade natural

VARIÁVEL	CARACTERÍSTICAS
Estado de intervenção do canal	Bacias com alto, médio ou baixo impacto
Declividade	Inferior a 2% ou Superior a 12%
Proximidade das construções ao canal	Inferior a 30 metros

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA; ROBAINA (2004). Elaborado por: NOVAES (2013).

A análise do estado de intervenção nos canais de drenagem é classificada em:a) Bacias com alto impacto (estágio máximo de descaracterização, canais fechados, retificados ou mistos), b) Bacias com médio impacto (canais com vestígios de alterações, com trechos mistos e algumas nascentes já canalizadas ou fechadas e alguns trechos com baixa intervenção antrópica) e c) Bacias com baixo impacto (predominam atividades rurais, não há espaço urbano altamente construído) (OLIVEIRA; ROBAINA, 2004). O estado de intervenção do canal foi observado em campo com registros fotográficos ao longo do córrego.

Quanto à declividade, consideram-se suscetíveis as áreas ocupadas com declividade inferior a 2% e que se localizem nas margens dos cursos fluviais, ou apresentam declividade superior a 12%, onde os processos erosivos da vertente são mais acentuados e sujeitos a processos de movimentos de massa, áreas de depósitos fluviais junto às drenagens, determinados como geotecnicaamente instáveis (OLIVEIRA; ROBAINA, 2004). Esta variável foi identificada a partir do Mapa de Declividade elaborado pela autora.

São consideradas suscetíveis, ainda, as áreas de construção de imóveis ou asfaltamento com proximidade inferior a 30 metros dos cursos fluviais, que por serem próximas ao leito são suscetíveis aos processos de inundação e solapamento de margens. A Lei Federal 6.766/79 estabelece as áreas junto aos canais como sendo “*non aedificanti*” e também conforme o Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12561/2012), que institui as áreas de preservação permanente as matas ciliares numa faixa marginal mínima de 15 metros em áreas urbanas consolidadas, em cursos d’água com menos de 10 metros de largura e áreas onde foram evidenciados processos de dinâmica superficial em estágio intensificado pelas atividades antrópicas. Este componente foi verificado através do Mapa de delimitação da Área de Preservação Permanente (APP) elaborado pela autora e em campo. Sendo assim, com as características observadas, foi possível identificar se há suscetibilidade natural ou não à ocorrência de enchentes na bacia.

O Padrão Urbano da área considera as características construtivas dos imóveis (padrão construtivo alto/médio/baixo), as condições de infraestrutura básica oferecidas à população residente na área (rede pluvial, canalização de esgoto cloacal, obras de contenção e rede viária), bem como o adensamento populacional e a forma de ocupação do espaço (ordenada/desordenada). O padrão construtivo dos imóveis foi obtido através da observação a campo e com a aplicação de questionários compostos por perguntas objetivas e subjetivas, conforme o material utilizado na construção e o tamanho do imóvel, sendo os imóveis de alto padrão construídos de alvenaria em boas condições; médio padrão de alvenaria ou outro material em condições médias; e baixo padrão de alvenaria ou outro material em estado precário. Cada parâmetro utilizado para estabelecer o Padrão Urbano tem valores atribuídos de acordo com sua ocorrência, conforme observado no Quadro 2.

QUADRO 2

Parâmetros utilizados para a definição do Padrão Urbano

Variável	Característica	Valor
Malha Viária	Pavimentada	1
	Não pavimentada	0
Esgoto	Canalizado	1
	Direto no ambiente	0
Rede Pluvial	Apresenta	1
	Não apresenta	0
Padrão Construtivo	Alto/Médio	1
	Baixo	0
Ocupação	Ordenada	1
	Desordenada	0
Obras de Contenção	Apresenta	1
	Não apresenta	0

Fonte: OLIVEIRA *et al.* (2004).

Somando os valores atribuídos é possível caracterizar o Padrão Urbano em três: a) *Alto Padrão*: áreas que apresentam valor máximo (6) na soma total dos atributos; b) *Médio Padrão*: áreas que tenham apresentado soma igual a 3, 4 e 5; c) *Baixo Padrão*: áreas que apresentam soma igual a 0, 1 e 2.

O registro de acidentes foi obtido através de relatos dos moradores e comerciantes por meio da aplicação de questionários. Dessa forma, foi gerado o grau de risco ambiental, estabelecendo o cruzamento entre a suscetibilidade natural, o registro de ocorrências e o padrão urbano, conforme o Quadro 3.

QUADRO 3

Cruzamento das variáveis e respectivos graus de risco

Grau de risco	Suscetibilidade natural	Ocorrência de eventos/acidentes	Padrão Urbano
Risco IV - Baixo	Apresenta	Sem registros	Alto
Risco III - Moderado	Apresenta	Sem registros	Médio
	Apresenta	Com registros	Alto
Risco II - Alto	Apresenta	Com registro	Médio
	Apresenta	Sem registros	Baixo
Risco I - Iminente	Apresenta	Com registro	Baixo

Fonte: OLIVEIRA e ROBAINA (2004). Organização: NOVAES (2012).

Sendo assim, são estabelecidos 4 graus para as áreas de risco, baseados em Oliveira e Robaina (2004):

Risco IV – baixo: quando a área ocupada com Alto Padrão apresenta suscetibilidade natural e não tem registro de ocorrência de eventos;

Risco III – moderado: quando a área apresenta-se com suscetibilidade natural e está ocupada com moradias de Médio Padrão Urbano, sem ocorrência de eventos, ou se a área estiver ocupada por moradias de Alto Padrão Urbano com registro e ocorrências;

Risco II – alto: quando a área suscetível apresentar predomínio de ocupação de Médio Padrão Urbano com registro de evento ou de Baixo Padrão sem registro;

Risco I – iminente: quando a área ocupada com moradias de baixo Padrão Urbano apresentar suscetibilidade natural e ocorrência de eventos.

5. Resultados

A metodologia adotada leva em conta as seguintes variáveis: suscetibilidade natural; padrão urbano da área; registro de acidentes (eventos); que por fim levam à definição do grau de risco.

Suscetibilidade natural:

O estado de intervenção do canal aponta que é uma bacia com médio impacto por apresentar trechos a montante com baixa intervenção antrópica (FIGURA 2), com trechos mistos (FIGURA 3) e trechos com alterações, onde é visível que o córrego passa sob uma avenida, ponto este crítico de enchente (FIGURA 4).



Figuras 2, 3 e 4: Trechos do Córrego Morumbi com baixa intervenção antrópica, intervenção mista e alta intervenção respectivamente. Fonte.: NOVAES (2013).

A classe de declividade predominante à montante foi entre 0 e 3%, representando 40% da declividade encontrada na bacia, seguido do declive de 3 a 6%, representando 33% da área da bacia, declive de 6 a 12% representando 24% da área da bacia e declive de 12 a 20% representando 3% da área da bacia (FIGURA 5).

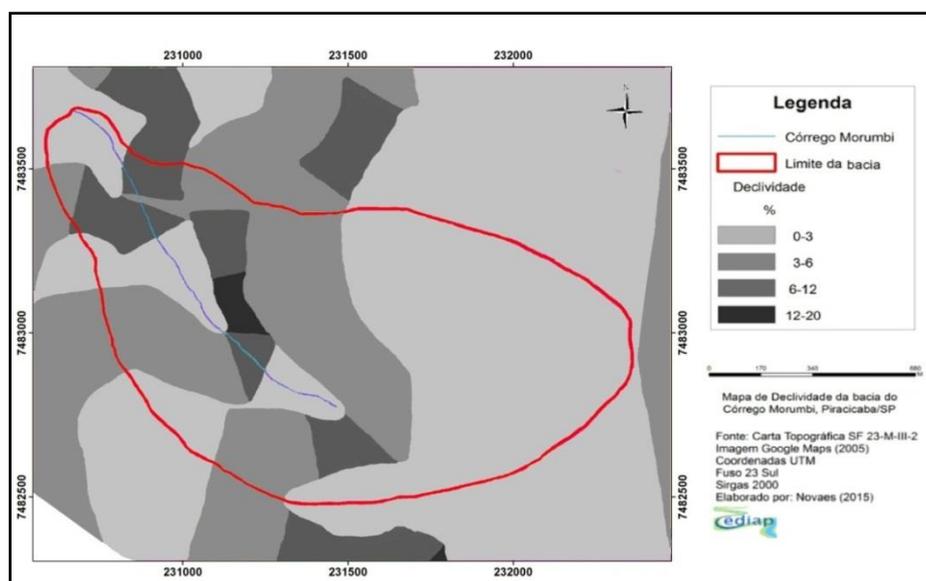


Figura 5: Mapa de declividade da bacia do Córrego Morumbi. Elaborado por: NOVAES (2015).

Quanto à proximidade de construções e asfaltamento, fica evidente que os pontos críticos de enchentes, a Avenida Antônia PazzinatoSturion e outros pontos vistos no mapa de APP (FIGURA 6), não respeitam os 15 metros definidos por lei (FIGURA 7), enquanto outros trechos se encontram conforme a legislação (FIGURA 8).

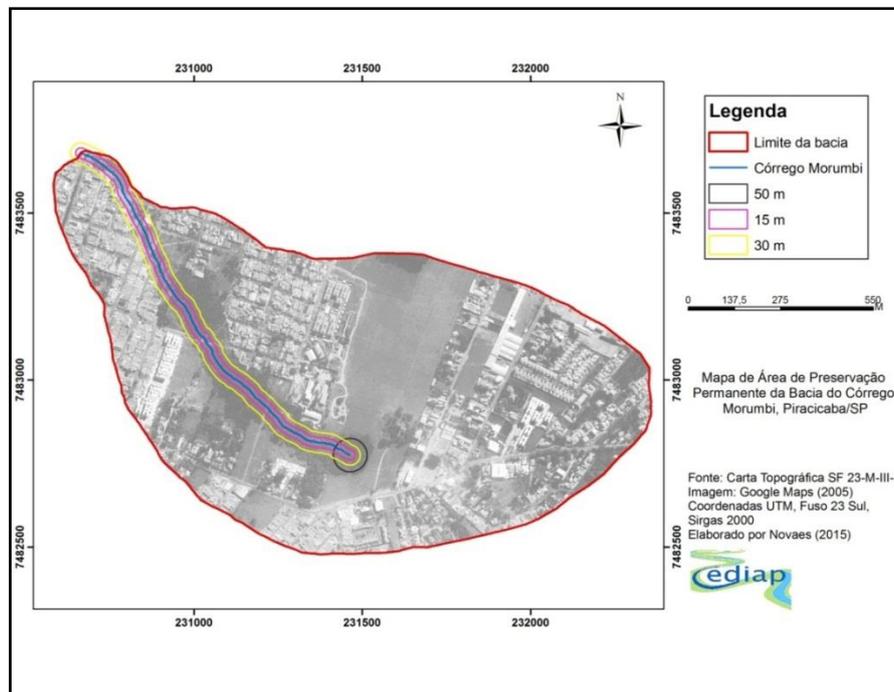


Figura 6: Mapa de delimitação da Área de Preservação Permanente do Córrego Morumbi. Elaborado por: NOVAES (2015).



Figuras 7 e 8: Proximidade do córrego com a Avenida PazzinatoSturion e Córrego protegido pela vegetação e distante do asfaltamento e construções, respectivamente. Foto: NOVAES (2013).

A sistematização das variáveis observadas na área aponta suscetibilidade natural em toda a bacia do córrego Morumbi, município de Piracicaba/SP, por apresentar pelo menos

uma das variáveis, sendo que em alguns pontos apresenta todas as variáveis possíveis (TABELA 1).

TABELA 1

Variáveis apresentadas na bacia do córrego Morumbi

VARIÁVEL	CARACTERÍSTICAS
Estado de intervenção do canal	Bacia com médio impacto
Declividade	Predominante entre 0 e 3%
Proximidade das construções ao canal	Presença de trechos com marca inferior à 30 metros e 15 metros para áreas urbanas consolidadas

Elaborado por NOVAES (2013).

Padrão urbano:

O Padrão Urbano indica as características relacionadas à pavimentação, canalização de esgoto, rede de drenagem pluvial, padrão construtivo dos imóveis e existência de obras de contenção. Foram observadas as variáveis referentes ao padrão urbano, que resultou na Tabela 2.

TABELA 2.

Variáveis presentes no Padrão Urbano da bacia

Variável	Característica	Valor
Malha Viária	Pavimentada	1
Esgoto	Canalizado	1
Rede Pluvial	Apresenta	1
Padrão Construtivo	Alto/Médio	1
Ocupação	Ordenada	1
Obras de Contenção	Apresenta	1

Elaborado por Novaes (2014).

A soma das variáveis resultou em 6, o que é equivalente ao Alto Padrão, áreas que apresentam valor máximo (6) na soma total dos atributos, o que significa que há pavimentação da malha viária, com asfaltamento nas ruas. O esgoto se encontra canalizado, apresentando rede pluvial. O padrão construtivo dos imóveis varia de baixo, médio e alto, no entanto há predomínio de imóveis de Padrão Médio, numa ocupação organizada.

A obra de contenção existente se localiza entre a Rua Segisfredo Paulino de Almeida e a Avenida Aldrovandro Fleuri Pires Correa, constituído pela contenção de erosão da

margem do Córrego, com a construção de muros de gabião, se relacionando indiretamente às enchentes. O que acaba evitando o solapamento das margens e o carreamento de sedimentos no córrego evitando o assoreamento. Muros de gabião são construídos pela superposição de “gaiolas” de malhas de arame galvanizado cheios com pedras cujos diâmetros devem ser superiores à abertura da malha das gaiolas. São empregados para conter desníveis pequenos ou médios inferiores a 5 metros. O uso de gabiões é uma das soluções usualmente adotadas por ser de fácil execução e com baixo custo (ONODERA, 2005).

No entanto a obra, concretizada pela prefeitura municipal em 2014, não foi realizada de modo a produzir muito efeito, na medida em que o trecho onde foi implantado não possui uma extensão adequada, recebendo ainda sedimentos de pontos à montante do Córrego.

Registro de acidentes:

Devido à dificuldade de obtenção de dados oficiais junto à defesa civil de Piracicaba, foram considerados os registros presentes nos relatos levantados através de questionários aplicados a moradores e comerciantes. Vale ressaltar que em ambas as categorias (residencial e comercial), foram relatados diversos episódios na bacia, o que demonstra a recorrência dos eventos de enchentes.

De acordo com os moradores e comerciantes, a área principal acometida pelas enchentes se dá no ponto próximo ao exutório da bacia, localizado na Avenida PazzinatoSturion e suas ruas mais próximas, como a Rua Segisfredo Paulino de Almeida e Avenida AldrovandroFleuri Pires Correa, pontos estes onde a água atinge ou ultrapassa o leito menor de cheia, extravasando de suas margens para a rua e calçada.

Determinação do grau de risco:

Com o cruzamento das informações levantadas de Suscetibilidade Natural, o Registro de Ocorrências e o Padrão Urbano, obteve-se para a área em questão os Graus de Risco III e IV. Sendo o Grau III – Moderado, no qual a área apresenta suscetibilidade natural e está ocupada com moradias de Alto Padrão Urbano com registro de ocorrências; e o Grau IV – Baixo, quando a área é ocupada com Alto Padrão Urbano, apresenta suscetibilidade natural e não tem registro de ocorrência de eventos (TABELA 3).

TABELA 3

Cruzamento das variáveis e respectivos graus de risco

Grau de risco	Suscetibilidade natural	Ocorrência de eventos/acidentes	Padrão Urbano
Risco IV Baixo	Apresenta	Sem registros	Alto
Risco III Moderado	Apresenta	Com registros	Alto

Fonte: OLIVEIRA e ROBAINA (2004). Organizado por: NOVAES (2014).

Os Graus de Risco estão distribuídos na bacia de acordo com o Mapa de determinação do Grau de Risco (FIGURA 9), no qual se observa alguns pontos em que o risco é maior, devido à suscetibilidade condizente com a intervenção do canal médio, a proximidade em relação ao curso, à baixa declividade, além da ocorrência de enchentes e o padrão urbano alto, constituindo o Grau III-Moderado, representando 3% da bacia (0,03 Km²). E uma parcela significativa da bacia no qual o risco é menor, apesar de apresentar suscetibilidade e padrão urbano alto, não apresentou registro de ocorrências, constituindo o Grau IV-Baixo, representando 97% da bacia (1,23 Km²).

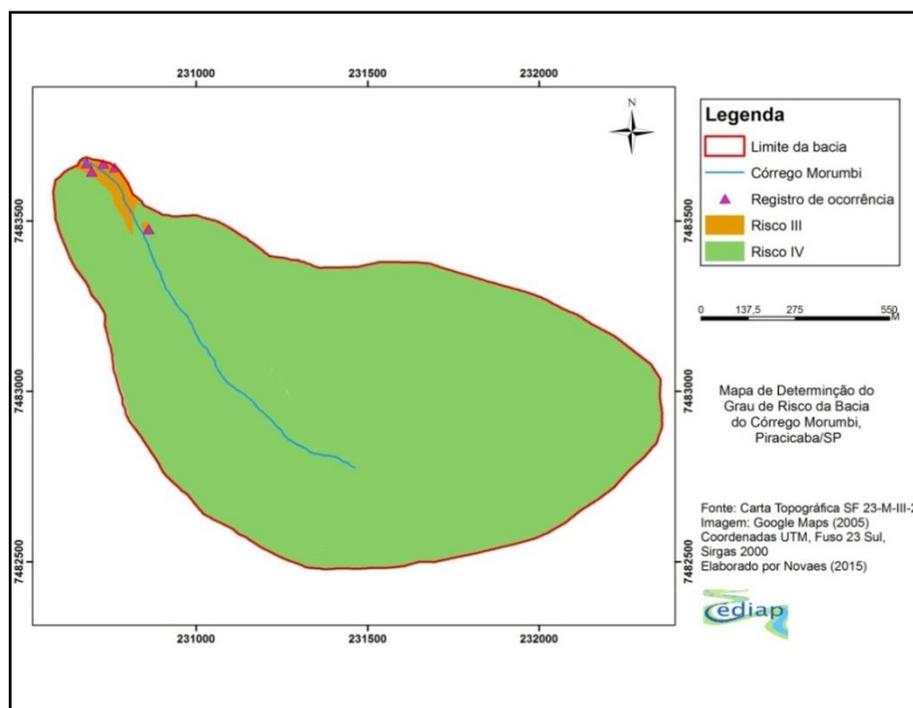


Figura 9: Mapa do Grau de Risco da bacia do Córrego Morumbi, Piracicaba/SP. Elaborado por: NOVAES (2015).

Ambos os riscos apresentam suscetibilidade natural, no entanto o Grau III apresentou todas as variáveis, declividade, intervenção e proximidade, enquanto que para as áreas determinadas como Grau IV alguns pontos não apresentaram proximidade, mas

apresentaram declividade e outros pontos não apontaram a declividade, mas sim a proximidade com o canal. Contudo havendo a presença de pelo menos uma das variáveis é suficiente para se configurar como suscetível. O padrão urbano foi consistente em toda a bacia, se configurando como Padrão Alto. O fator decisivo para a determinação dos diferentes graus de risco foi o registro de ocorrências, na medida em que nas áreas risco Grau III houve registro e na área risco Grau IV não houve registro de ocorrências.

6. Considerações finais

O cruzamento das variáveis que determinam o grau de risco resultou nos Graus Moderado e Baixo, o que não significa que não existam danos, pois se apresentam danos secundários, com a deterioração progressiva dos edifícios afetados e a diminuição nos fluxos de mercado, que afetam o cotidiano dos moradores e dos comerciantes e possuem uma relação direta com o quadro de desequilíbrio visto na bacia hidrográfica.

Vale ressaltar que a metodologia aplicada não avalia elementos como a permeabilidade do solo e as características morfométricas relacionadas à ocorrência de enchentes. Fatores esses que podem influenciar diretamente no escoamento superficial ao longo da Bacia e acarretar novos elementos para a discussão.

Tendo estes resultados em vista pode-se inferir a necessidade das áreas urbanas em reverter o quadro em que se encontram no que se refere à vegetação e ao cumprimento das legislações ambientais.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação em geografia da FCT/UNESP - Campus de Presidente Prudente pelo apoio acadêmico e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Referências

ALMEIDA, L.Q. Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na Geografia. **Mercator**. Fortaleza, v. 10, n. 23, set./dez. 2011. p. 83-99. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=273621468008>> Acesso em 30 abr. 2013

AMARAL, R.; GUTJAHR, M.R. **Desastres naturais**. São Paulo: IG/SMA, 2011.

- BRASIL. **Lei 6766, de 19 de dezembro de 1979.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm> Acesso em 12 dez. 2011.
- BRASIL. **Lei 12651 de 25 de maio de 2012.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm> Acesso em 10 dez 2012
- BRASIL. **Lei 12.608,** de 10 de abril de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm> Acesso em 24 jun. 2013.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S; OGURA, A. T. (orgs). Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas –IPT, 2007.
- CEPED - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRE. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010:** Volume São Paulo. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011.
- CEPED - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRE. **Planejamento nacional para gestão de riscos – PNGR:** construção de indicadores socioambientais de vulnerabilidade a riscos de desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2010.
- DAGNINO, R. S.; CARPI JUNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Revista de Climatologia e Estudos da Paisagem.** Rio Claro - Vol.2 - n.2 - julho/dezembro/2007, p. 50-87
- GOMES, M.C.V. **Avaliação de risco ambiental nas microbacias dos córregos Furninhas e Chumbeadinha, Ourinhos/SP.** Trabalho de conclusão (bacharelado – geografia) – Universidade Estadual Paulista – Campus Experimental de Ourinhos, 2008.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010.** Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 03 ago. 2011.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Séries Estatísticas do IBGE de 1940 a 2010.** Disponível em <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>> Acesso em 3 de jul de 2014.
- LOPES, E.S.S.; REIS, J.B.C. Desastres Naturais: conceitos e classificações. In: PURINI, Sérgio Roberto de Moura. Programa educacional Jc na escola: promovendo a leitura: **JC na Escola - Ciência;** organizado por Sérgio Roberto Purini e outros. Bauru; JC; São Paulo: FEBAB, 2011.
- MANZIONE, R.L. Análise de Riscos de Desastres Naturais em Ambientes Urbanos. In: PURINI, Sérgio Roberto de Moura. Programa educacional Jc na escola: promovendo a leitura: **JC na Escola - Ciência;** organizado por Sérgio Roberto Purini e outros. Bauru; JC; São Paulo: FEBAB, 2011.
- MARANDOLA JR., E. E HOGAN, D.J. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais.** São Paulo, v. 22, n. 1, p. 29-53, jan./jun. 2005

MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D.J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade** – Vol. VII nº. 2 jul./dez. 2004, p. 95-109

MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D.J. O Risco em perspectiva: tendências e abordagens. **Geosul**, Florianópolis, v.19, n.38, jul/dez 2004.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBAYAMA, M. Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. **Caminhos de geografia**. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>> Acesso em 25 jun.2013.

MATTES, D. A sustentabilidade do sistema de drenagem urbana. IN: DOWBOR, L.; TAGNIN, R.A. **Administrando a água como se fosse importante**: gestão ambiental e sustentabilidade. Editora: Senac, São Paulo, 2005.

NOVAES, C.P. **Determinação do Grau de Risco de Enchentes na Rua do Porto, Município de Piracicaba/SP**. 2012. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado – Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2012.

OLIVEIRA, E.L.A.; ROBAINA, L.E.S. Mapeamento das áreas de risco geomorfológico da bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria/RS. Revista Ciência e Natura, UFSM. **V Simpósio Nacional de Geomorfologia: I Encontro Sul Americano Geomorfologia**. Ago/2004, até pag 478.

OLIVEIRA, E.L.A.; ROBAINA, L.E.S.; RECKZIEGEL, B.W. **Metodologia utilizada para o mapeamento de áreas de risco geomorfológico: bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria – RS**. In: Simpósio brasileiro de desastres naturais, I., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004.

ONODERA, L.T. **O uso de gabiões como estrutura de contenção**. 2005. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil Com ênfase Ambiental, Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005.

POMPEO, C.A. Drenagem Urbana Sustentável. **RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, n.1 jan/mar/ 2000, 15-23.

SILVA, L.P.; SANTOS, C.A.G. Análise espacial dos riscos de erosão e inundação na bacia do Rio Cuiá. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.15, n.3, jul/set 2010, p. 21-32.

TUCCI, C.E.M. Inundações Urbanas. In: TUCCI, C.E M.; PORTO, R.L.; BARROS, M.T. (orgs.) **Drenagem Urbana**. Porto Alegre, Editora da Universidade, 1995, p.15-36.

VIANNA, A. P. P. **Utilização de modelagens hidrológica e hidráulica associadas a um sistema de informações geográficas para mapeamento de áreas inundáveis** – Estudo de caso: município de Itajubá, MG. Dissertação (Mestrado). 2000. 120 f. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

Recebido em: 11/05/2016
Aceito em: 03/07/2016