

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

**ZONEAMENTO DE PERIGO À INUNDAÇÕES: ESTUDO DE CASO PARA O
ARRIO CACARÉU NO MUNICÍPIO DE URUGUAIANA-RS**

**FLOOD ZONING HAZARD: A CASE STUDY FOR ARRIO CACARÉU IN THE
CITY OF URUGUAIANA-RS**

Jonatas Giovanni Silva Aimon, Igor da Silva Knierin, Vinicius Silveira dos Santos e Romario Trentin

RESUMO

As inundações fazem parte da realidade da maioria das cidades brasileiras, historicamente a localização estratégica das vilas e primeiros povoamentos deram-se pelas necessidades de abastecimento e deslocamento de mercadorias. A fronteira oeste do Rio Grande do Sul, foi demarcada originalmente pelas limitações topográficas, o município de Uruguaiana-RS foi ocupado junto a planície de inundação do Rio Uruguai. Devido ao cenário preocupante, e a grande recorrência de inundações no município, este artigo visa discutir proposta de metodologia de zoneamento de perigo à inundação, indicando alternativa para uso consciente das áreas próximas ao rio. Foram definidas quatro grandes faixas de perigo, com base no Tempo de Retorno (TR) 2-5-25-100. Ao todo foram mapeados 83,019 ha, nos bairros Francisca Tarrago, Cabo Luiz Quevedo, Nova Esperança e Alexandre Zachia, com auxílio do Modelo Digital de Terreno. Conforme o trabalho de campo foi possível, observar um grande número de residências sobre as áreas com perigo de inundações, além de muitas famílias economicamente vulneráveis.

Palavras-chave: desastres naturais, geotecnologia, geoprocessamento, planejamento.

ABSTRACT

Floods are part of the reality of most Brazilian cities, historically the strategic location of the villas and first settlements gave up the supply needs and shifting of goods. The western boundary was demarcated originally by topographical constraints, the municipality of Uruguaiana-RS was busy along the flood plain of the River Uruguay. Due to the worrying scenario, and the great recurrence of floods in the city, this article aims to discuss proposed hazard zoning methodology to flooding, indicating alternative to conscious use of the nearby river areas. four great areas of hazards were defined based on the return time (TR) 2-5-25-100. Altogether they were mapped 83.019 ha, neighborhoods Francisca Tarrago, Cabo Luiz Quevedo, Nova Esperança and Alexandre Zachia, with the help of the Digital Terrain Model. As the fieldwork was possible to observe a large number of homes on the areas with danger floods, and many economically vulnerable families.

Keywords: natural desastres, geotechnology, gis, planning.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos o modo como o homem utiliza a natureza, tem ocasionado significativos episódios de perdas humanas e materiais, em especial a última década devido ao avanço da urbanização e a saída pela procura por melhores oportunidades de emprego da população rural para as grandes cidades.

Segundo a base de dados internacional da Universidade Católica Louvain (Bélgica), entre 2000 e 2007 mais de 1,5 milhão de pessoas foram afetadas por algum tipo de desastre natural no Brasil (SANTOS, 2007), o prejuízo deixado pelas inundações é de cerca de 1 bilhão de dólares.

Ao contabilizar-se apenas os desastres hidrológicos que englobam as inundações, enchentes e ainda os movimentos de massa, o Brasil figura como 10º lugar entre os países do mundo em número de vítimas em 2008, contabilizando 1,8 milhões de pessoas afetadas (EM-DAT, 2009).

Conforme Eckhardt (2008), as inundações são caracterizadas pelo seu potencial de causar danos a população, a inundação é uma consequência das cheias e se constitui em um estágio mais avançado da cheia, onde é atingido o nível superior ao leito menor do rio, ou da planície de inundação.

Sendo assim, as inundações são fenômenos naturais, ocorrendo independente da ocupação ou não do homem, a elevação do nível das águas no período de grande volume de chuva são processos recorrentes e que necessitam de grande cuidado nas zonas ribeirinhas (COSTA, 2009).

No Brasil devido as condições climáticas, a maioria os municípios têm a possibilidade de sofrerem inundações até mesmo na região do Nordeste, pois os períodos de chuvas podem ser concentrados.

Em relação ao gerenciamento de risco de inundações as medidas de correção e prevenção, visam minimizar os danos das inundações, podem ser classificadas em medidas estruturais e medidas não estruturais, de acordo com a sua natureza (CANHOLI, 2005).

Para Tucci (1997), as medidas não estruturais incluem; as modelagens computacionais, mapeamentos ou zoneamentos, previsão e planejamento ou a promoção de políticas de conscientização da população.

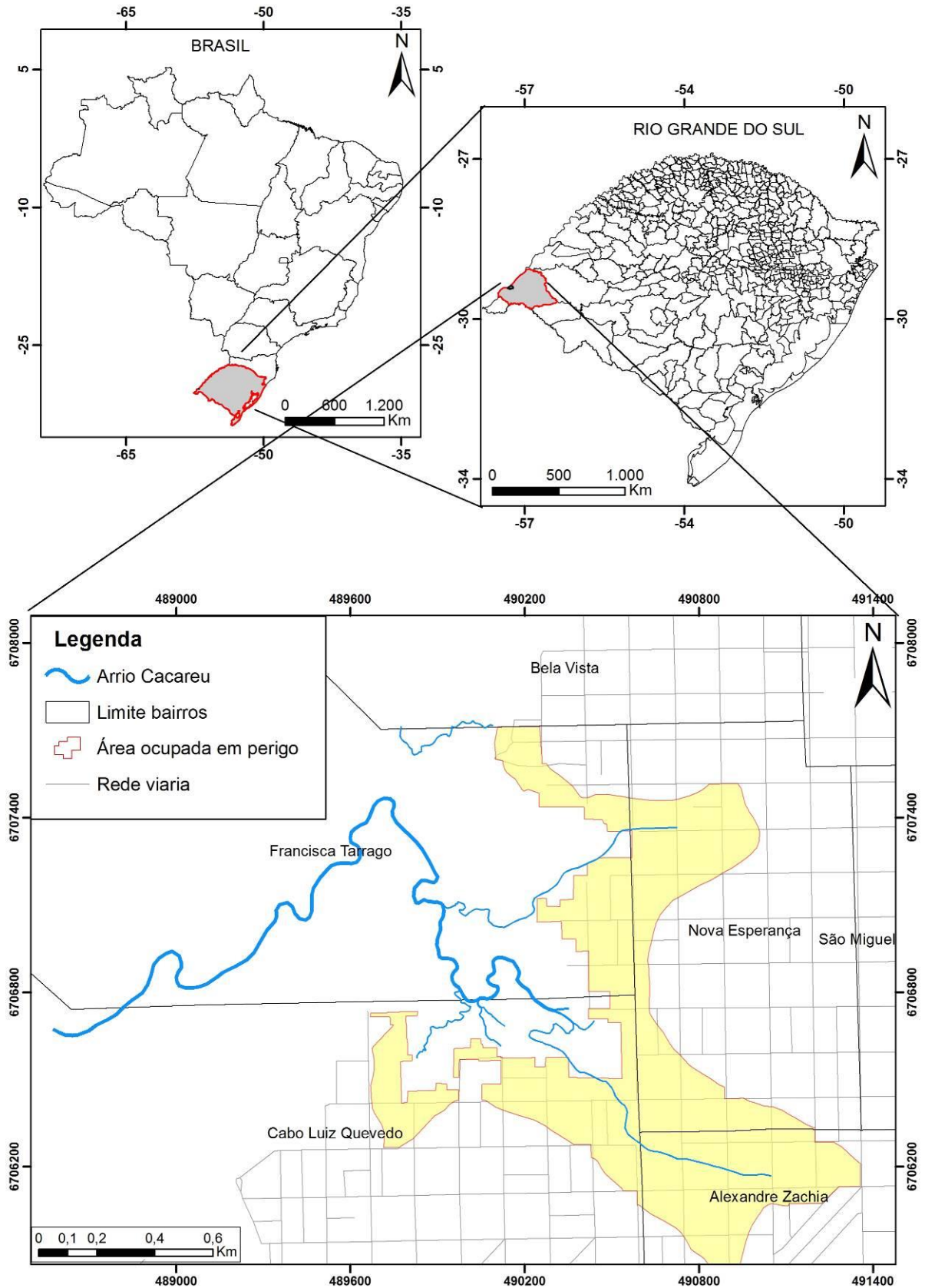
Tais medidas, propõem intervenções a médio e longo prazo, que passam pelo planejamento, gestão territorial, implantação de sistemas de alerta e ações junto à população afetada, como toda a comunidade, tendo como base o desenvolvimento de percepção de riscos e assim buscando a sua mitigação.

Envolvem também a implementação de políticas públicas que visem melhorias em habitação e aspectos socioeconômicos dos contingentes populacionais mais segregados, reduzindo a população sob risco.

Para a realização da pesquisa escolheu-se como área de estudo o Arroio Cacaréu (Figura 1), localizado entre as coordenadas 489.000 W e 6.708.000 S, 491.400 W e 6.706.200 S, fuso 21S, no município de Uruguaiana-RS, Brasil. A área escolhida concentra grande parte da população que com grande recorrência é desalojada nos eventos de inundações.

Devido a este cenário, a pesquisa realizada tem como objetivo geral analisar a dinâmica espaço-temporal das inundações ocorridas, e ainda como objetivo específico a demarcação de um zoneamento de perigo a inundação baseado na recorrência dos eventos.

Figura 1 – Localização da área de estudo – Arroio Cacaréu.



Fonte: Autores.

2 METODOLOGIA

Primeiramente foram vetorizadas as curvas de nível disponibilizadas em formato analógico na escala 1:2.000, com equidistância de 1m do Plano Diretor do Município.

Após esta etapa procedeu-se para análise histórica inventariando os eventos ocorridos no município com base no registro de cotas¹ do Rio Uruguai, no período de 1942 até 2015.

Para o mapeamento de perigo foram estabelecidas 4 classes, baseadas nos Tempos de Retorno (TR) 2/5/25/100, utilizou-se a metodologia semelhante à realizada por Kurek (2008), selecionando-se apenas os eventos extremos com cota igual ou superior à de inundação, após o ordenamento destes eventos obteve-se a equação da reta através de funções matemáticas.

Inicialmente utilizou-se, as funções para operação com banco de dados do software ARCGIS 10.1®, para a extração dos eventos extremos, sendo considerado somente o valor máximo por mês, no período de 1942 a 2015.

Logo, consultou-se o sistema adotado pela *Prefectura Naval Argentina*, como referência ao município limeiro denominado Paso de Los Libres – AR, adotando-se como critério a cota de inundação a elevação no rio de 8,5 m acima do nível normal (considerada como estado de “Evacuación”), atingindo a cota topográfica de 48 m. Justifica-se também a adoção da cota, pois conforme verificado em ambiente computacional o estabelecimento das residências dá-se a partir da mesma.

Posteriormente a seleção dos eventos que atingiram a no mínimo a cota de 48m, classificou-se os valores de menor a maior conforme o registro de cotas, e então foram empregadas as principais funções de ajuste a reta disponíveis no MS Excel®.

A avaliação dos resultados obtidos no mapeamento, foi realizada através da comparação com imagens dos locais afetados em eventos extremos ocorridos anteriormente.

3 RESULTADOS

3.1 TEMPO DE RETORNO DAS INUNDAÇÕES

A organização de um banco de dados sobre o histórico de inundação de um município possibilita com base em séries extensas de dados, a projeção de possíveis cenários. A Figura 2, demonstra o ajuste matemático obtido com base nos diferentes modelos disponíveis no pacote MS Excel®, através da relação TR e cota atingida pelo Rio Uruguai no município de Uruguaiana.

Após o conhecimento dos eventos extremos, com base na metodologia, empregou-se as funções de ajuste Exponencial, Linear, Logarítmica, Polinomial, Potência.

Como critério para escolha utilizou-se a observação da distribuição dos valores e a proximidade com linha projetada de acordo com o modelo, e ainda o coeficiente de determinação (R^2).

Muito semelhante com o resultado encontrado em Prina (2015), os modelos da função Logarítmica e Potência obtiveram os melhores ajustes, aparentemente idênticos, mas com uma leve diferença no coeficiente de determinação, sendo atribuído o melhor ajuste a função Logarítmica ($R^2 = 0,9807$).

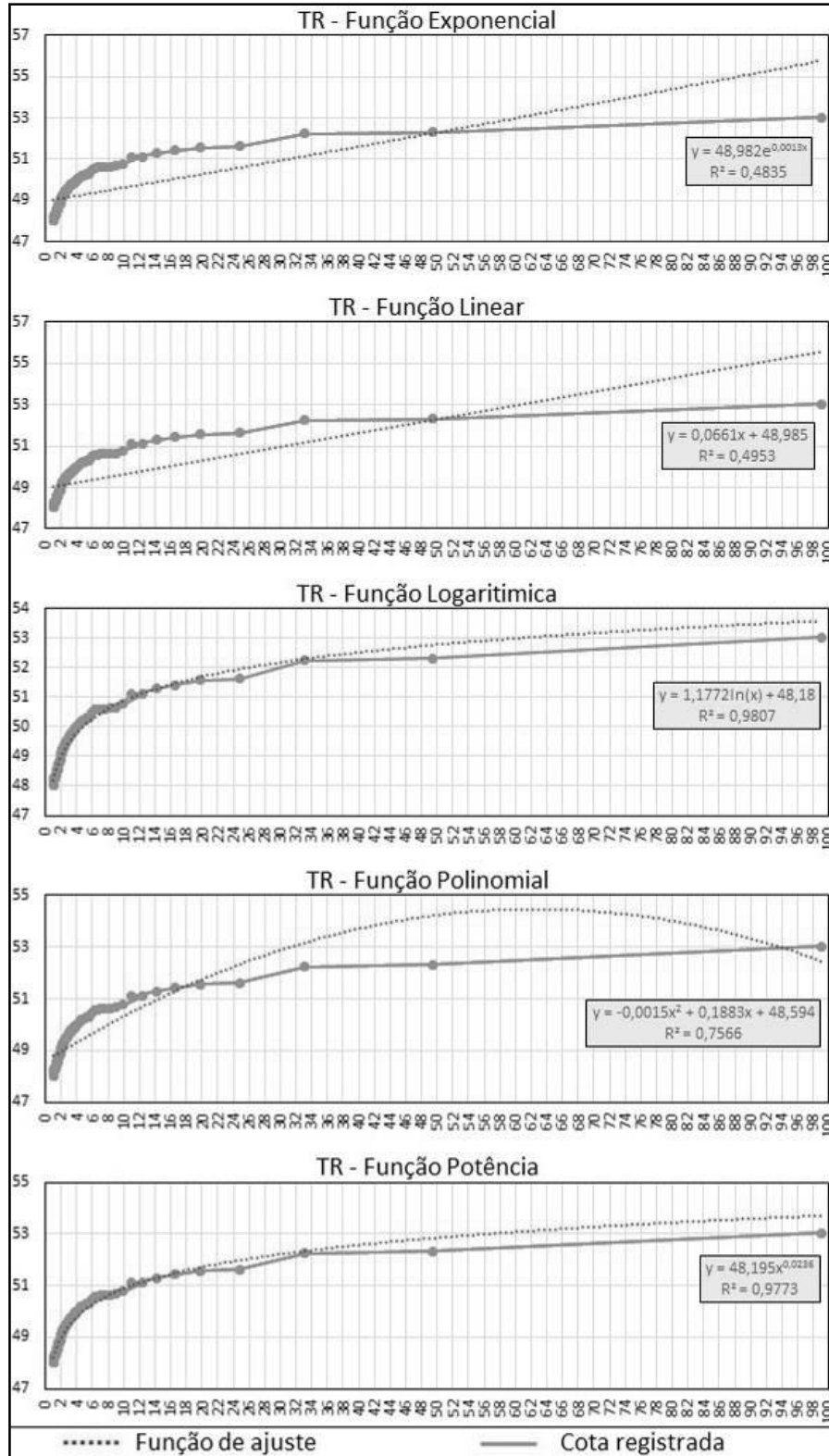
Mas ambas equações estão qualificadas para utilização da projeção do tempo de retorno, dependendo do critério e aplicação do profissional, os resultados obtidos nos demais modelos não são passíveis de uso devendo ser descartada a sua utilização no estudo.

Com base na equação extraída pela função logarítmica ($y=1,177 \ln(x)+48,18$), obteve as altitudes para determinação das classes do tempo de retorno. A classes adotadas (Quadro 1),

¹ Estação 77150000, HIDROWEB – Agência Nacional das Águas.

e as altitudes serviram de base para alertar a população futuramente atingida pela inundação, ou ainda para guiar ações de planejamento como o Zoneamento baseado nas inundações.

Figura 2 – Diferentes ajustes a reta obtidos para a projeção do TR.



Fonte: Autores.

Quadro 1 – Tempo de Retorno das inundações calculados com base na função logarítmica.

TR (anos)	Altitude local (m)	Altitude ortométrica (m)
2	9,533	48,996
5	10,607	50,075
25	12,493	51,971
100	14,118	53,600

Fonte: Autores.

3.2 FRAGILIDADES AMBIENTAIS

Uma das porções mais afetadas, que concentram muitas famílias com alta vulnerabilidade social é zona do Arroio Cacaréu (Figura 3). Está extensa área da cidade envolve os Bairros: Francisca Tarrago, Cabo Luiz Quevedo, Alexandre Zachia e Nova Esperança.

As áreas próximas ao rio, apresentam um ambiente muito característico do bioma pampa; o popularmente chamado “banhado”, com altimetria entre 35 e 45m e relevo plano (até 2% de declividade). Nela ainda é possível encontrar espécies da flora chaqueña como Espinilho (*Acacia caven Mol*) e a Inhanduvá (*Prosopis affinis Spreng*).

A área possui caminhos alternativos, normalmente utilizados como trilha para motocross, devido à má conservação das estradas. O espaço possui ainda pequenas lagoas, que são abastecidas pelo período de maior pluviosidade. Ao longo do arroio fica clara área plana em que o Rio acaba depositando sedimentos, demarcada por uma rampa de curto comprimento (dique natural).

Apesar da importância ecológica da região, muitos produtores rurais acabam não respeitando a Área preservação permanente, provocando em alguns locais da margem do rio erosão e pequenos movimentos de massa

Outro aspecto é o conflito de uso, apesar de ser uma área constante inundada, possui uma boa qualidade gramíneas sendo aproveitada pelos moradores para o gado.

Na porção mais próxima ao perímetro urbano (Figura 4) o aspecto da paisagem muda totalmente, à medida que avança sobre as áreas urbanizadas o arroio recebe muito lixo lançado pela população. A água neste ponto do arroio é muito turva, com forte odor e azulada.

Devido ao acúmulo de material garbico, a prefeitura municipal necessita periodicamente fazer a desobstrução de canais, e limpeza das galerias do esgoto para evitar alagamentos.

Está área da cidade demanda urgente de planejamento por parte do setor público, principalmente o controle da urbanização, pois observa-se a campo a instalação de novas residências muito próximas ao arroio.

Com base no mapeamento do perigo a inundação, uma das possíveis alternativas de resgate é a criação de um parque ou reserva. Utilizando-se como base a área ocupada para um tempo de retorno curto (até 5 anos), dada a importância ecológica da área. Realocando-se a população moradora desta área que periodicamente fica inundada, e proibindo a construção nesta área, por força de um plano diretor mais restritivo.

Figura 3 – Observações a campo no Arroio Cacaréu próximo ao Rio Uruguai.



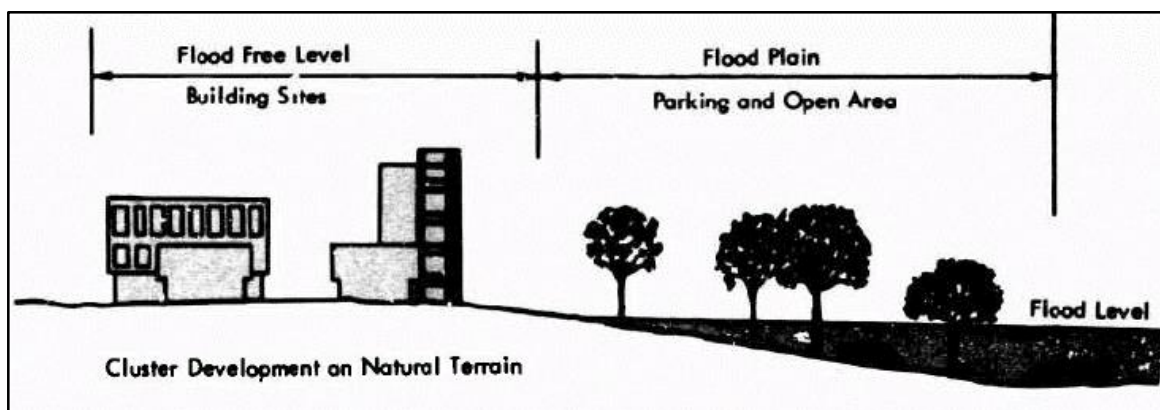
Fonte: Autores.

3.3 PROPOSTA DE ZONEAMENTO

O objetivo de um Zoneamento em nível municipal é regular o uso e ocupação do solo urbano, ou ainda uma tentativa de reorganização das cidades. Os Zoneamentos em geral são utilizados para guiar o crescimento das cidades, mas em alguns casos podem ainda promover sérias restrições de algumas áreas.

Um zoneamento baseado no Tempo de retorno das inundações pode ser dividido em 2 zonas (Figura 4), faixa de passagem das inundações e faixa de uso residencial com padrões definidos.

Figura 4 – Exemplo do tipo de uso para áreas com perigo de inundação.



Fonte: Sheafer (1967, p.15).

Conforme Silva (2013), independente da metodologia aplicada, o mapeamento das áreas inundáveis deve ser capaz de distinguir faixas (Figura 5), transversais à seção de escoamento.

Atribuindo-se a Faixa 1 representa a “zona de passagem de enchentes”, ou seja, corresponde ao leito menor do rio, Faixa 2 (“zonas com restrições”) equivale à planície de inundação (leito maior) e pode estar subdividida em função dos períodos de retorno das inundações, enquanto a Faixa 3 representa as áreas que não devem ser atingida quando da ocorrência de vazões com período de recorrência de 100 anos (“**zona de baixo risco**”), (TUCCI, 2002).

De acordo com a metodologia elaborou-se uma proposta de Zoneamento para o Arroio Cacaréu com base nos TR calculados, definindo-se 4 zonas com base na recorrência das inundações.

Figura 5 – Sugestão de ocupação compatível com o zoneamento de área inundáveis.



Fonte: Silva (2013, p.30).

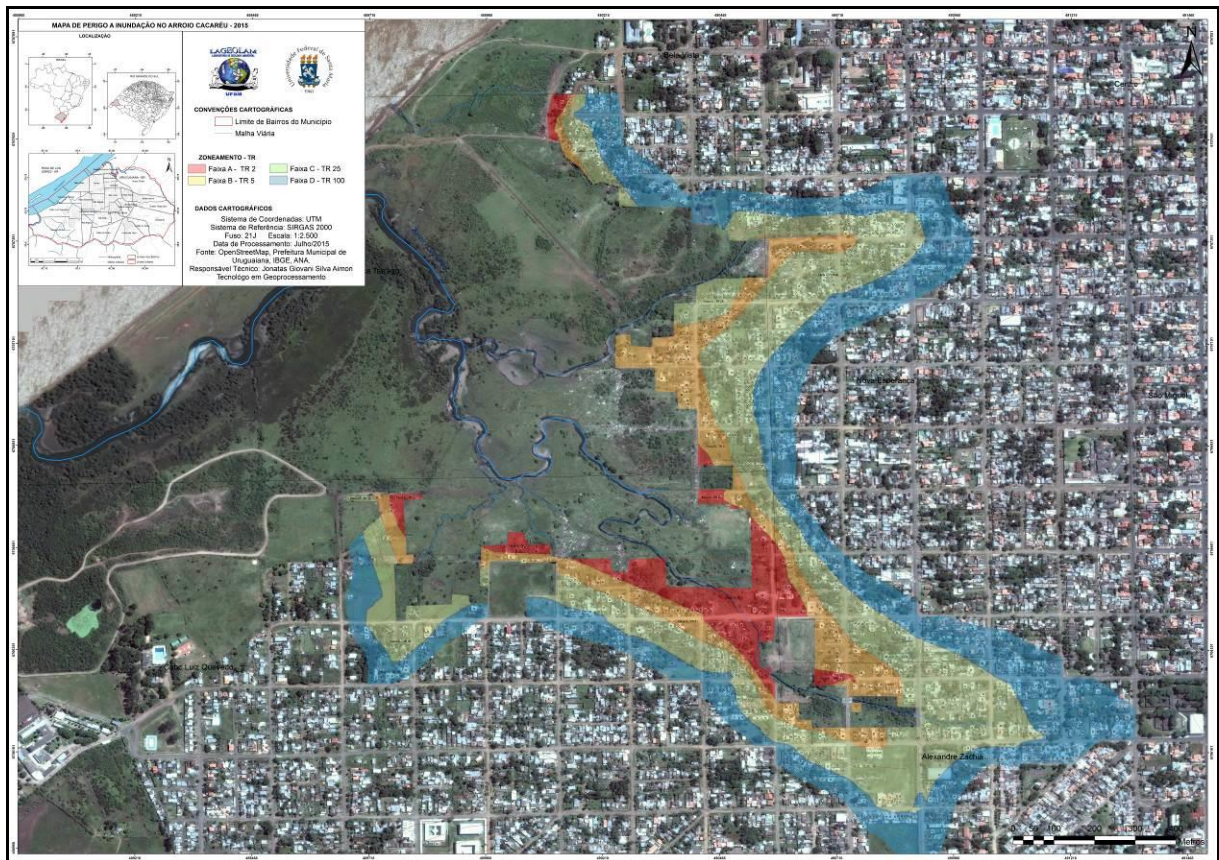
Faixa A – TR 2, zona de passagem das inundações, pertencente ao leito menor do rio que com muita frequência é tomada pelas inundações. Nesta zona é indicado a não inserção de moradias, com frequência deve ser realizada limpeza do sistema de drenagem para facilitar a transição das águas.

Faixa B – TR 5, zona de passagem das inundações, também acompanha o leito menor do rio, porém com menor frequência é inundada. Neste local é preferencial para culturas agrícolas de ciclo curto, e implantação de estruturas para atividades recreativas como praças, parques e áreas verdes. O uso residencial não é permitido, pelo alto perigo de ocorrência de inundações.

Faixa C – TR 25, zona com restrições para ocupação uso residencial, devido ao médio perigo para ocorrência de inundações, as habitações devem possuir adaptações como reforço estrutural, escolha de materiais resistentes à água. Também uma das alternativas é a construção sobre “pilons”, ou a construção de mais de pavimento para o deslocamento de bens.

Faixa D – TR 100, zona com baixo perigo, atingida somente nas cheias extremas. Nesta faixa o uso residencial poderá ser permitido, desde que com a população sobre aviso e com planos estratégicos, para possíveis eventos extremos.

Figura 6 – Proposta de zoneamento para o Arroio Cacaréu com base no perigo de inundações.



Fonte: Autores.

3 CONCLUSÃO

As análises sobre as inundações ainda possuem muito potencial a ser explorado, a realização do detalhamento das informações da população atingida e vulnerabilidade socioeconômica da população em perigo podem ainda ser exploradas em futuros trabalhos.

Quanto ao zoneamento para sua efetiva aplicação, deve ser ainda promovida a discussão com outros profissionais para definição de padrões e usos para faixas de perigo a inundação.

Em relação as famílias atingidas, os trabalhos de campo revelam, nitidamente a segregação social que ocorre no município. Infelizmente na maioria dos casos os únicos locais que a população de baixa renda encontra, ou invade, acabam sendo as áreas que deveriam ser preservadas permanentemente.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de estudos, e ao Laboratório de Geologia Ambiental pelo apoio nos projetos de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 302 p.
- COSTA, F. S. **O risco de inundação na cidade de Amarante (Norte de Portugal): contributo metodológico para o seu estudo**. Territorium, v. 16, p. 19-111, 2009.
- ECKHARDT, R. R. **Geração de modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas sujeitas às inundações urbanas na cidade de Lajeado/RS**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- EM-DAT Emergency Database. OFDA/CRED – **The Office of US Foreign Disaster Assistance/ Centre for Reserchon the Epidemiology of Disaster** – Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium. Disponível em: <http://www.emdat.be/Datase>. Acesso em julho de 2014.
- KUREK, R. K. M. **Avaliação do Tempo de Retorno nos níveis das inundações no vale do Taquari/RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental). Centro Universitário UNIVATES. Lajeado, 2012. 92 p.
- PRINA, B. Z. **Geotecnologias aplicadas no mapeamento das áreas de inundação do perímetro urbano de Jaguari/RS**. Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Maria, 2015, 128 p.
- SANTOS, R. F. dos (org). **Vulnerabilidade Ambiental – Desastres naturais ou fenômenos induzidos?**. Brasília: MMA, 2007, 192p.
- SHEAFER, J. R. **Introduction to Flood Proofing**. University of Chicago, Illinois. 1967. 61p.
- SILVA, C. V. F. **Planejamento do uso e ocupação do solo urbano integrado ao mapeamento de áreas com risco de inundação**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. São Paulo, 2013., 164 p.
- TUCCI, C. E. M. **Água no meio urbano**. In *Água Doce no Mundo e no Brasil. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2ª edição. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. 703p.
- TUCCI, C. E. M. **Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v, 2, n. 2, p.621-658, jul./dez.1997.