

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE RISCO DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS
DO MUNICÍPIO DE PASSO FUNDO**

**IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF FLOOD RISKS AND WATERLOGGING
AT CITY OF PASSO FUNDO**

Gustavo Dias Miguel*

Aline Baruffi**

Matheus De Conto Ferreira***

Márcio Felipe Floss****

RESUMO

Os desastres naturais ocorrem principalmente por fenômenos provenientes da dinâmica externa da Terra, podendo ser decorrentes de causas naturais como chuvas com elevada precipitação; causas antropogênicas, oriundas das ações ou omissões humanas; e causas consideradas mistas, onde há soma das anteriores mencionadas. No Brasil, enchentes e inundações são considerados fenômenos que mais geram desastres. A ocorrência destes fenômenos está cada vez mais presente no cotidiano das pessoas que vivem próximo às áreas marginais de cursos d'água, periferias, em encostas íngremes inviáveis à ocupação ou então que estão inseridas aos grandes centros urbanos os quais, possuem pequena capacidade de infiltração. Neste contexto, o trabalho visa identificar e analisar os fatores de risco de pontos críticos sujeitos a inundações e alagamentos no município de Passo Fundo. O estudo foi dividido em 4 etapas sequenciais: identificação das ocorrências de inundações e alagamentos por meio de registros, informações existentes obtidas através de levantamentos realizados pela Defesa Civil, Plano de Saneamento Básico, visitas técnicas realizadas aos locais e dados disponibilizados pela prefeitura municipal; localização dos pontos críticos em estudo, através de mapeamento realizado por meio de imagens aéreas das áreas urbanas do município; análise dos riscos estudados conforme os critérios descritos pelo método do Ministério das Cidades em que, para a aplicação deste método, foram considerados 3 critérios de análise sendo estes: o processo hidrológico, a vulnerabilidade da ocupação urbana e as distâncias das moradias em relação ao eixo de drenagem. A partir destes critérios foi possível determinar o grau do risco

* Acadêmico, vinculado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade de Passo Fundo. Email: <112893@upf.br>.

** Engenheira, vinculada ao Prog. De Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo. Email: <85799@upf.br>.

*** Professor, Mestre, vinculado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade de Passo Fundo. Email: <matheusferreira@upf.br>.

**** Professor, Doutor, vinculado ao Prog. De Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo. Email: <marciofloss@upf.br>.

de cada ponto estudado, classificando-os em risco baixo, médio, alto ou muito alto. Na quarta e última etapa, foram propostas medidas de prevenção e controle de riscos de inundações e alagamentos para as áreas críticas em estudo. Através da análise realizada, notou-se que o município apresenta diferentes níveis de riscos de inundações e alagamentos. Para mitigar os mesmos, medidas simples podem ser realizadas, como por exemplo a limpeza e desobstrução do sistema de drenagem urbana, aumento da fiscalização de obras realizadas as margens dos rios e em locais que apresentem risco a segurança dos moradores, entre outros.

Palavras-chave: Áreas de Riscos. Inundações. Alagamentos. Desastres Naturais.

ABSTRACT

Natural disasters occur mainly by phenomena from Earth external dynamics, may be due to natural causes such as rain with heavy rainfall; anthropogenic causes, arising from human actions or omissions; and causes considered mixed, where there is the clustered mentioned above. In Brazil, flooding and waterlogging are considered phenomena that generate more disasters. The occurrence of these phenomena is increasingly present in the daily lives of people living close to the marginal areas of watercourses, peripheries, on steep slopes unviable occupation or that are inserted to large urban centers which possess low permeability. In this context, the study aims to identify and analyze the risk factors of critical points that can be occur flooding and waterlogging in the city of Passo Fundo. The study was divided into four sequential steps: identification of flooding and waterlogging through records, existing information obtained through surveys conducted by the Civil Defense, Sanitation Basic Plan, technical visits to sites and data provided by the town hall; location of critical points in the study, through mapping carried out through aerial images of urban areas of the city; risk analysis studied according to the criteria described by the Cities Ministry of method in which, for the application of this method were considered 3 analysis criteria are these: the hydrologic process, the vulnerability of urban occupation and the distances of the hoses relative to the axis drainage. From these criteria was possible to determine the risk level of each point studied, classifying them into low risk, medium, high or very high. The fourth and final step, were proposed measures to prevent and control risks of flooding and waterlogging in the critical areas of study. Through the analysis, it was noted that the city has different levels of flood risk and waterlogging. To mitigate the same, simple steps can be taken, such as cleaning and clearing of the urban drainage system, increased supervision of works carried out on the river banks and in areas that present some dangers to residents, among others.

Keywords: Risk Areas. Flooding. Waterlogging. Natural Disasters.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, por se tratar de um país com clima tropical onde em sua maioria possui chuvas abundantes, faz com que os desastres naturais acabem por ser em decorrência principalmente por meio de fenômenos provenientes da dinâmica externa da Terra, tais como, inundações e enchentes, escorregamentos de solos e/ou rochas e tempestades. Normalmente esses fenômenos ocorrem associados a eventos pluviométricos intensos e prolongados (TOMINGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

A região sul do país, segundo a SEDEC (2009), apresenta uma maior ocorrência de eventos que envolvem inundações, vendavais e granizos, se mostrando mais sujeita a acontecimentos como estes. Isso se deve muito ao fato da localização desta região, a proximidade a um dos polos faz esta ser mais afetada por frentes frias.

Segundo dados pelo CENAD (2014), no ano de 2013 a região sul apresentou o segundo maior número de ocorrências de alagamentos (31,25%) e o maior número de ocorrências de enxurradas (51,15%) e inundação (33,33%), quando comparado as outras regiões.

No Rio Grande do Sul, de acordo com CEPED UFSC (2011), após uma análise de dados de ocorrências registradas desde 1991 até 2010 para o estado, em que esta posteriormente resultou no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, apresenta os principais eventos responsáveis por catástrofes sendo que, em segunda posição com equivalente a 20% dos casos, os desastres relativos a inundações e alagamentos.

Nesse conceito, o presente trabalho tem como objetivo identificar, analisar e por fim, propor medidas de intervenções a alguns pontos críticos do município de Passo Fundo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos Conceituais

Desastres, são eventos adversos que causam impactos a sociedade, podem ser provocados por diversos fenômenos sobre um ecossistema vulnerável (SEDEC, 2015). Segundo Amaral e Gutjah (2011), esses fenômenos modificam a superfície terrestre e atingem áreas habitadas, causando danos materiais e humanos.

Os desastres podem ser classificados quanto a sua intensidade, evolução e origem. A SEDEC (2007), classifica os desastres quanto a sua origem como: naturais, antropogênicos e mistos. Os desastres naturais, são provocados por fenômenos e desequilíbrios da natureza, são causados por fatores de origem externa que atuam independentemente da ação do ser humano. Já os desastres antropogênicos, são oriundos das ações ou omissões humanas, ou seja, o próprio homem pode ser agente e autor. Os desastres mistos, ocorrem quando as ações humanas contribuem para o aumento dos desastres naturais.

Os desastres naturais de acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE (2015), são classificados em cinco grupos: Geológicos; Hidrológicos; Meteorológicos; Climatológico; e Biológico. O grupo dos fenômenos hidrológicos dividem-se em três subgrupos: inundações, enxurradas e alagamentos.

Segundo Brasil (2007), a enchente é caracterizada pela elevação do nível d'água do canal de drenagem (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), é ocasionada devido ao aumento da vazão ou descarga, já a inundação é definida como o extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais, é quando o nível d'água transborda as margens. De acordo com CENAD (2014), enxurrada é o escoamento superficial concentrado e com elevada energia de transporte. O alagamento é definido como a extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana, ocasionando acúmulo de água em áreas rebaixadas, atingindo ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas.

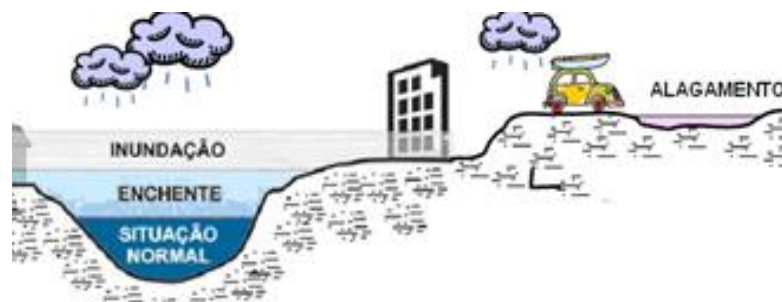


Figura 1. Perfil esquemático de enchente, inundação e alagamento. (Defesa Civil de São Bernardo dos Campos – SP, 2011).

As ocorrências dos fenômenos hídricos estão muitas vezes associados à impermeabilização do solo, à disposição inadequada de lixo, à ocupação das margens dos cursos d'água, ao desmatamento e a ineficiência do sistema de drenagem das cidades (BRASIL, 2007). Tominga, Santoro e Amaral (2009), acrescentam que o acelerado processo de urbanização, que levou ao crescimento das cidades muitas vezes em áreas impróprias à ocupação, aumenta o perigo e o risco a desastres naturais.

O perigo também pode ser denominado ameaça, que é definido como qualquer condição que possa vir a causar óbitos, ferimentos ou danos à propriedade (SEDEC, 2015), e risco é probabilidade de ocorrência de fenômenos naturais e/ou induzidos em uma determinada área (BRASIL, 2007).

Os graus de probabilidade de ocorrência do processo ou risco são estabelecidos por documento do Ministério das Cidades e são classificados em quatro graus, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Graus de riscos (Adaptado de Brasil, 2007).

Risco	Classificação
R1 – Risco Baixo	Não apresentam instabilidade. Podem ser mantidas as condições existentes e não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período de chuva.
R2 – Risco Médio	Observa-se a presença de evidência de instabilidade, o processo de instabilização está em estágio inicial. Podem ser mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.
R3 – Risco Alto	Nota-se a presença significativa de sinais de instabilidade. O processo de instabilização está em pleno desenvolvimento, mas ainda é possível monitorar sua evolução. Se mantidas as condições existentes, é possível que ocorra eventos destrutivos durante épocas de chuvas intensas e prolongadas.
R4 – Risco Muito Alto	Possui sinais de instabilidade expressivos e com grande magnitude, está em estágio avançado de instabilização. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado grau de desenvolvimento. Se mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.

2.2 Critérios de Análise de Risco

Existem vários métodos para análise de riscos, um deles é o estabelecido pelo Ministério das Cidades – BRASIL (2007), o qual é específico para inundações em áreas urbanas. Ele divide-se em 3 critérios de análises:

1- Análise do cenário de risco e potencial destrutivo dos processos hidrológicos ocorrentes: nesse critério é realizado a identificação do cenário hidrológico, onde classifica-se de acordo com a Tabela 2. A inundação lenta de planícies fluviais ocorre em áreas que possuem baixa capacidade natural de escoamento dos cursos principais de drenagem, apresentam dinâmica lenta no início das chuvas e extravasamento para as planícies de inundação. A inundação de alta energia cinética são enchentes violentas, com alta velocidade de escoamento, produzem forças dinâmicas com capacidade de causar acidentes.

Tabela 2. Critério 1: Processo hidrológicos (Adaptado de Brasil, 2007).

Cenário	Tipologias
C1 – Processo Hidrológico I	Enchente e inundação lenta de planícies fluviais
C2 – Processo Hidrológico II	Enchente e inundação com alta energia cinética
C3 – Processo Hidrológico III	Enchente e inundação com alta energia de escoamento e capacidade de transporte de material sólido

2- Vulnerabilidade da ocupação: esse critério analisa o padrão construtivo das edificações, é dividido em duas tipologias descritas na Tabela 3.

Tabela 3. Critério 2: Vulnerabilidade da Ocupação (Adaptado de Brasil, 2007).

Vulnerabilidade	Tipologia
V1 – alta vulnerabilidade de acidentes	Baixo padrão construtivo, onde predominam moradias construídas com madeira, Madeirit e restos de material com baixa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos.
V2 – baixa vulnerabilidade de acidentes	Médio a bom padrão construtivo, onde predominam moradias construídas em alvenaria com boa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos.

3- Distância das moradias ao eixo de drenagem: o último critério analisa o tipo de fenômeno hidrológico ocorrente na área e o raio de alcance do mesmo (Tabela 4).

Tabela 4. Critério 3: Periculosidade (Adaptado de Brasil, 2007).

Periculosidade	Tipologia
P1 – alta periculosidade	Alta possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo
P2 – baixa periculosidade	Baixa possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo

Após análise dos três critérios, classifica-se a área em questão em quatro níveis de riscos: MA – Risco Muito Alto (R4), A – Risco Alto (R3), M – Risco Médio (R2) e B – Risco Baixo (R1). Esses níveis são determinados de acordo com os arranjos da Tabela 5.

Tabela 5. Arranjo de combinações (Adaptado de Brasil, 2007).

	P1	P2
C1 x V1	M	B
C1 x V2	B	B
C2 x V1	A	M
C2 x V2	M	B
C3 x V1	MA	A
C3 x V2	A	M

3 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Para o desenvolvimento do atual, foram analisadas as situações de alguns pontos críticos de inundação e alagamento das áreas urbanas no município de Passo Fundo, no Norte do Rio Grande do Sul.

O estudo foi dividido em 4 etapas sequenciais: identificação das ocorrências de inundações e alagamentos; localização dos pontos críticos em estudo, através de mapeamento realizado por meio de imagens aéreas das áreas urbanas dos municípios; análise dos riscos estudados conforme os critérios descritos pelo método do Ministério das Cidades – metodologia descrita no item 2.2 – onde, a partir destes critérios foi possível determinar o grau do risco de cada ponto estudado, classificando-os em risco baixo, médio, alto ou muito alto. Na quarta e última etapa, foram propostas medidas de prevenção e controle de riscos de inundações e alagamentos para as áreas críticas em estudo.

3.1 Levantamento e Mapeamento dos Pontos Críticos

Foram levantadas informações sobre os principais pontos críticos de inundações e alagamentos das áreas urbanas do município através dos órgãos municipais. As informações foram obtidas sobre a situação de Passo Fundo através dos dados levantados pelo Plano Municipal de Saneamento Básico e de dados da Secretaria de Segurança Pública do município.

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico, existem 9 pontos onde ocorrem inundações e alagamentos, porém, para o presente trabalho, foram selecionados apenas 4 (Figura 2) para serem analisados, os quais apresentam as situações mais críticas. O primeiro ponto, Ponto 1P, está localizado na rua São João, bairro Vila Luisa, onde ocorrem inundações e alagamentos. O segundo ponto, Ponto 2P, localiza-se na rua Napoleão Mojen, bairro Bom Jesus, o Ponto 3P, está localizado também no bairro Bom Jesus, na rua da brigada militar, e o último Ponto 4P, localiza-se na Rua Dr. Décio Martins Costa. Os pontos 2P, 3P e 4P estão sujeitos a inundações.

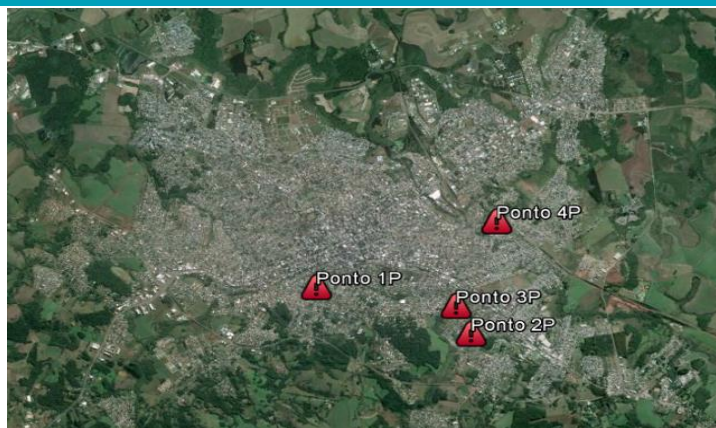


Figura 2. Mapeamento dos pontos críticos de inundação e alagamento da área urbana do município de Passo Fundo (Google Earth, 2016).

3.2 Análise de Risco de Inundações e Alagamentos

Após o levantamento e mapeamento dos pontos críticos, foi realizada uma análise de risco em cada um dos pontos estudados. O método utilizado envolve o então mencionado no item 2.2 deste onde, considerou-se os Critérios 1, 2 e 3 – o processo hidrológico, a vulnerabilidade da ocupação urbana e as distâncias das moradias em relação ao eixo de drenagem, respectivamente –. A partir dos critérios adotados, foi possível determinar o grau do risco de cada ponto em estudo (risco baixo, médio, alto ou muito alto). Após a implementação, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 6.

Município	Ponto Crítico	Processo Hidrológico	Vulnerabilidade das ocupações	Periculosidade	Classificação do Risco
Passo Fundo	Ponto 1P	C2	V2	P1	R2 - MÉDIO
	Ponto 2P	C2	V2	P1	R2 - MÉDIO
	Ponto 3P	C2	V1	P1	R3 - ALTO
	Ponto 4P	C2	V2	P1	R2 - MÉDIO

Tabela 6. Análise de Risco de inundações e alagamentos dos pontos críticos estudados (O autor, 2016).

Realizado o estudo dos pontos em questão, apenas um foi classificado como R3 (risco alto), pois no critério vulnerabilidade, o local (ponto 3P) apresenta residências de baixo padrão construtivo, com baixa capacidade de resistir aos impactos dos processos hidrológicos. Os demais, foram classificados como R2 (risco médio), pois as inundações ocorrem de forma rápida quando há uma precipitação com grande volume em um curto período de tempo (C2), apresentam baixa vulnerabilidade de acidentes, pois as residências possuem de médio a bom padrão construtivo (V2), e estão localizadas muito próximo a rios e córregos (P2).

Analisando a situação do local dos pontos críticos de Passo Fundo, tem-se os motivos pelo qual ocorrem os problemas decorrentes de inundações e alagamentos. No ponto 1P, pelo fato das residências encontrarem-se muito próximas às margens do rio proporciona um risco maior para as mesmas. Nesse ponto, há problemas de alagamentos que ocorrem devido à falta de manutenção do sistema de drenagem (bocas de lobo sem proteção). Nos pontos 2P, 3P e 4P, os problemas gerados pelas inundações são decorrentes da baixa capacidade de escoamento dos rios que passam próximos ou até mesmo, rente às residências.

3.3 Medidas de Prevenção e Controle

Para os pontos críticos de Passo Fundo, não são desenvolvidas, até o momento, medidas para prevenção e controle de inundações e alagamentos. Assim, sugeriu-se as seguintes medidas para contribuir com a minimização dos problemas que ocorrem nos pontos analisados: Criação de um programa periódico de limpeza e desobstrução do sistema de drenagem urbana; Elaboração de um plano de desocupação e realocação das habitações localizadas às margens dos rios; Adaptação das moradias que não estejam nas margens dos rios, mas que encontram-se nas áreas sujeitas a alagamentos e inundações; Proteção da superfície do solo para impedir a formação de processos erosivos e diminuir a infiltração de água no maciço, por meio de, coberturas vegetais, entre outras; Aumento da fiscalização de obras realizadas em locais impróprios, como margens de rios; Reurbanização de áreas, melhorar a infraestrutura das áreas afetadas para que haja aumento da qualidade de vida; Programas educacionais onde abordem a conscientização da população quanto à disposição correta de resíduos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fenômenos hidrológicos em áreas urbanas muitas vezes geram grandes prejuízos aos municípios, os quais podem ser evitados se houver um planejamento adequado relacionado a prevenção de inundações e alagamentos.

O mapeamento auxilia no controle e fiscalização das áreas de riscos, gerando melhor visualização dos pontos críticos. Através das análises de riscos obtém-se a classificação a qual a área está sujeita, para que ocorra um devido tratamento desta.

No trabalho realizado, constatou-se que os riscos são considerados em sua grande maioria como sendo de grau médio, ou seja, não há áreas sujeitas a grandes desastres naturais de processos hidrológicos. Mesmo assim devem-se adotar medidas mitigatórias, preventivas e de controle.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Rosangela do; GUTJAHR, Mirian Ramos. **Desastres Naturais**. São Paulo: IG/SMA, 2011. 100p.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT – **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.

CENAD. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil; Ministério da Integração Nacional. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013**. Brasília: CENAD, 2014. 106p.

CEPED UFSC. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, Universidade Federal de Santa Catarina. **Atlas Brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011.

COBRADE. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CCkQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.defesacivil.es.gov.br%2Ffiles%2Fmeta%2F54b3fbaf-11dd-4040-ad1d-58999d2ff016%2F789f2fad-cd98-4121-a21b-188f27a10efa%2F115.doc&ei=5r2LVb-YN8O4ggTw_IGABA&usg=AFQjCNGxbUNDN0CaIIEZvMccLD4DG_Zv7A&bvm=bv.96782255,d.eXY> Acesso em: Maio, 2015.

Defesa Civil de São Bernardo dos Campos. São Paulo. 2011. Disponível em: <<http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/06/enchente-inundacao-ou-alagamento.html>> Acesso em: Jun. 2014.

GOOGLE EARTH. **Passo Fundo / RS**. Acesso: Março, 2016.

Plano Municipal de Saneamento Básico de Passo Fundo – PMSB Passo Fundo. **Produto 2 – Relatório do Diagnóstico**. Passo Fundo, 2013.

SEDEC. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Cartilha Defesa Civil**. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=d5bd25e8-d9c5-48c1-8769-625468cfca5b&groupId=10157> Acesso em: Maio, 2015.

____. **Glossário de defesa civil estudos de riscos e medicina de desastres**. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=71458606-5f48-462e-8f03-4f61de3cd55f&groupId=10157> Acesso em: Junho, 2015.

____. **Política Nacional de Defesa Civil**. Brasília. 2007. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=6aa2e891-98f6-48a6-8f47-147552c57f94&groupId=10157> Acesso em: Jun. 2014.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.