

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Pedro Correia Tredezini

Análise de vulnerabilidade em ambientes urbanizados sob o
contexto Redução do Risco de Desastres (RRD)

Trabalho de Graduação)
2014

Civil

Pedro Correia Tredezini

**Análise de vulnerabilidade em ambientes urbanizados sob o
contexto Redução do Risco de Desastres (RRD)**

Orientadores

Profa. Dra. Nadiane Smaha Kruk (ITA)

Engenharia Civil-Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Divisão de Informação e Documentação

Correia Tredezini, Pedro
Análise de vulnerabilidade em ambientes urbanizados sob o contexto Redução do Risco de Desastres (RRD) / Pedro Correia Tredezini.
São José dos Campos, 2014.
72f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia Civil –
Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2014. Orientadores: Profa. Dra. Nadiane Smaha Kruk.

1. Redução de Riscos de Desastres 2. Vulnerabilidade 3. Inundações I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Análise de vulnerabilidade em ambientes urbanizados sob o contexto Redução do Risco de Desastres (RRD).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CORREIA TREDEZINI, Pedro. Análise de vulnerabilidade em ambientes urbanizados sob o contexto Redução do Risco de Desastres (RRD). 2014. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Pedro Correia Tredezini

TÍTULO DO TRABALHO: Análise de vulnerabilidade em ambientes urbanizados sob o contexto Redução do Risco de Desastres (RRD)

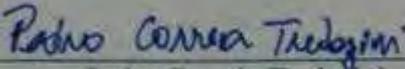
TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2014

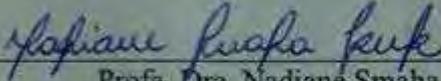
É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

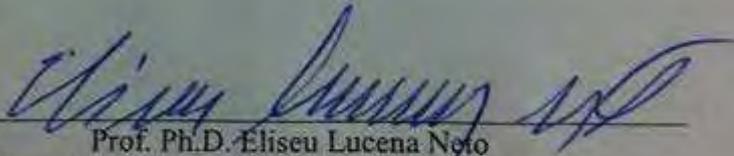
Pedro Correia Tredezini
Rua São Felix, 629 – Vilas Boas
Campo Grande – MS – Brasil. CEP: 79051-210

**ANÁLISE DE VULNERABILIDADE EM AMBIENTES URBANIZADOS SOB O
CONTEXTO REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRES (RRD)**

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação


Pedro Correia Tredezini
Autor


Prof. Dra. Nadiane Smaha Kruk
Orientadora


Prof. Ph.D. Eliseu Lucena Neto
Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 28 de Novembro de 2014

Dedico este trabalho a todos aqueles que de alguma forma me incentivaram nesses anos faculdade, em especial à minha Família.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha família, especificamente pai, mãe e irmão, pela criação, motivação e suporte incondicional nessa que foi uma batalha de longos dez anos.

Agradeço também aos meus amigos de Campo Grande quem também sempre acreditaram em mim.

Agradeço às dezenas de amigos que fiz, não só das três turmas por que passei, mas também das turmas com quem convivi no H8.

Finalmente, agradeço aos professores, que sempre procuraram compartilhar conosco seus conhecimentos que lhes são tão estimados, em especial à Profa. Dra. Nadiane Smaha Kruk pela dedicada orientação e, sobretudo, pela paciência.

*“Ever tried. Ever failed. No matter.
Try again. Fail again. Fail better.”*

Samuel Beckett

Resumo

Os desastres naturais assolam o mundo, com impactos cada vez maiores ano após ano, principalmente nos locais onde vivem pessoas de mais baixa renda. Para mitigar os efeitos desses desastres alguns países tem adotado a Redução do Risco de Desastres, ou RRD, que procura avaliar as ameaças, vulnerabilidades e resiliência local. Este trabalho se propõe a adaptar uma metodologia para cálculo de vulnerabilidade a enchentes e inundações, eventos esses de maior relevância no contexto brasileiro. A aplicação dessa metodologia é realizada em um bairro da cidade de São Paulo: Vila Prudente, analisando especificamente a vulnerabilidade de estabelecimentos de ensino e de saúde, locais chave para retomada das condições pré-desastre. Os resultados mostram que a aplicação da metodologia permite uma análise comparativa dos locais selecionados para estudo, indicando os locais mais suscetíveis aos desastres, que por sua vez devem ser tomados como prioritários para promoção de melhorias e adaptações pelos gestores públicos.

Abstract

Natural disasters plaguing the world, with increasing impact year after year, especially in places where people live with lower income. To mitigate the effects of these disasters some countries have adopted Disaster Risk Reduction, or DRR, which seeks to assess threats, vulnerabilities and local resilience. This study aims to adapt a methodology for calculating vulnerability to floods, event of greater relevance in the Brazilian context. The application of this methodology is performed in a neighborhood of São Paulo: Vila Prudente, specifically analyzing the vulnerability of education and health facilities, key locations for resumption of pre-disaster conditions. The results shows that the application of the methodology allows a comparative analysis of selected locations, indicating the most susceptible to local disasters, which must be taken as priority to promote improvements and adaptations by public managers.

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Impactos dos desastres no mundo 1970 – 2012. Fonte: IBC, 2014.....	13
Figura 2.1 - RRD sob HLS. FONTE: Sanderson, 2001	17
Figura 2.2 - Modelo de Crunch para risco. FONTE: DKKV, 2004	17
Figura 2.3 - Intersecção entre RRD e AMC. Fonte: Turnbull, 2013.....	19
Figura 2.4 – Relação entre CCA e RRD. Fonte: WMO, 2011	21
Figura 2.5 - Framework do Marco de Ação de Hyogo. Fonte: ISDR, 2007a.....	24
Figura 2.6 - Esquema de relação entre serviços meteorológicos e Stakeholders de RRD. Fonte: WMO, 2012.....	26
Figura 2.7 - Ciclo de ação de RRD. Fonte: WMO, 2012	27
Figura 2.8 – Educação comunitária para capacitação. Fonte: Luna, 2007	28
Figura 3.1 - Desastres Naturais ao longo dos anos. Fonte: CEPED, 2012.....	33
Figura 3.2 - Afetados por tipo de desastre. Fonte: CEPED, 2012.....	34
Figura 3.3 - Mortos por tipo de desastre. Fonte: CEPED, 2012.....	34
Figura 3.4 - Análise simultânea de afetados e mortos. Fonte: Autor	35
Figura 3.5 - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação. Fonte: IPT, 2007	36
Figura 3.6 - Distribuição espacial das ocorrências de Inundações bruscas. Fonte: CEPED, 2012	37
Figura 3.7 - Ocorrências anuais de Inundações bruscas. Fonte: CEPED, 2012.....	37
Figura 3.8 - Ocorrências mensais de Inundações bruscas por regiões. Fonte: CEPED, 2012 .	39
Figura 3.9 - Distribuição espacial das ocorrências de Estiagem e Seca. Fonte: CEPED, 2012	40
Figura 3.10 - Ocorrências anuais de Estiagem e Seca. Fonte: CEPED, 2012.....	40
Figura 3.11 - Ocorrências mensais de Estiagem e Seca por regiões. Fonte: CEPED, 2012	42
Figura 3.12 - Distribuição espacial das ocorrências de Inundações graduais. Fonte: CEPED, 2012	43
Figura 3.13 - Ocorrências anuais de Inundações graduais. Fonte: CEPED, 2012	43
Figura 3.14 - Ocorrências mensais de Inundações graduais por regiões. Fonte: CEPED, 2012	45
Figura 4.1 – Regiões da cidade de São Paulo.....	53
Figura 4.2 – Comparação dos IDH's das subprefeituras de São Paulo. Fonte: PMSP, 2002...	54
Figura 4.3 – Corte da subprefeitura de Vila Prudente que será analisada.....	55

Figura 4.4 – Corte de Vila Prudente que será analisado, com ruas e pontos de alagamentos em destaque	55
Figura 4.5 – Cursos d'água da Vila Prudente	56
Figura 4.6 – Curvas de nível da Vila Prudente.....	56
Figura 4.7 – Quantidade de estabelecimentos de ensino por setor censitário	57
Figura 4.8 – Quantidade de estabelecimentos de saúde por setor censitário.....	57
Figura 4.9 – Escolas de Vila Prudente em verde	58
Figura 4.10 – Centros de saúde em Vila Prudente em branco.....	58
Figura 5.1 – Centros de educação em Vila Prudente e suas vulnerabilidades a inundações....	62
Figura 5.2 – Centros de educação em Vila Prudente e suas vulnerabilidades a enxurradas	62
Figura 5.3 – Centros de saúde em Vila Prudente e suas vulnerabilidades a inundações.....	63
Figura 5.4 – Centros de saúde em Vila Prudente e suas vulnerabilidades a enxurradas	63

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Similaridades e diferenças entre AMC e RRD. Fonte: Tearfund, 2008.....	20
Tabela 2.2 - Fases para aplicação dos 10 passos.Fonte: (ONU, 2012).....	30
Tabela 2.3 - Escala de vulnerabilidade para as classes de declividade de escala grande. Fonte: Ross, 1994.	30
Tabela 2.4 - Classes de fragilidade dos solos. Fonte: Ross, 1994.	31
Tabela 2.5 - Graus de proteção do solo segundo a cobertura vegetal/uso do solo. Fonte: Ross, 1994.	32
Tabela 3.1 - Ocorrências de Inundações bruscas por Estados. Fonte: CEPED, 2012.....	38
Tabela 3.2 - Ocorrências de Seca e Estiagem por Estados. Fonte: CEPED, 2012.....	41
Tabela 3.3 - Ocorrências de Inundações graduais por Estados. Fonte: CEPED, 2012.....	44
Tabela 4.1 - Graus de proteção quanto à infraestrutura instalada.....	48
Tabela 4.2 - Graus de proteção quanto à cobertura do solo.....	48
Tabela 4.3 - Graus de exposição quanto à localização relativa.....	49
Tabela 4.4 – Fator de ponderação para a declividade.....	50
Tabela 4.5 – Fator de ponderação para a altitude relativa ao curso d’água mais próximo.....	51
Tabela 5.1 – Fatores de Vulnerabilidade para as instituições de educação de Vila Prudente..	61
Tabela 5.2 – Fatores de Vulnerabilidade para os centros de saúde de Vila Prudente.....	61

Sumário

1. Introdução.....	13
1.1. Objetivos.....	15
1.2. Divisão do trabalho.....	15
2. Referencial Teórico.....	16
2.1. Definição de Redução de Risco de Desastres (RDD).....	16
2.2. RRD associada a Adaptação a Mudanças Climáticas (AMC).....	18
2.3. Marcos de Ação.....	21
2.4. Como Construir Cidades Mais Resilientes.....	28
2.5. Análise de Vulnerabilidade Ambiental.....	30
3. Desastres no Brasil.....	33
3.1. Inundação brusca.....	36
3.2. Estiagem e seca.....	39
3.3. Inundação gradual.....	42
4. Metodologia.....	46
4.1. Análise de Vulnerabilidade de Inundações e Enxurradas.....	47
4.2. Estudo de caso.....	52
5. Resultados e Discussões.....	60
6. Conclusões e recomendações.....	65
Referências Bibliográficas.....	67
Apêndice A.....	70

1. Introdução

As primeiras duas décadas desse início de novo século apresentaram alguns dos maiores desastres naturais da história moderna da humanidade. Em 2004, um terremoto de magnitude 9.0 graus na escala Richter ocorreu no Oceano Índico que desencadeou enormes ondas em direção aos continentes africano e asiático, sendo Indonésia, Sri Lanka e Tailândia os países mais afetados. Foram mais de 250 mil mortes, mais de um milhão de desalojados e custos totais de mais de 10 bilhões de dólares (NEHRP, 2005). Em 2010, outro abalo sísmico, dessa vez de magnitude 7.0 graus na escala Richter, levou caos à região urbana de Porto Príncipe, capital do Haiti. Foram mais de 220 mil óbitos e custos estimados de danos de 7,9 bilhões de dólares (ECHO, 2013). Já em 2014, fortes chuvas no sul da Ásia fizeram transbordar os rios Jhelum, Tawi e Chenab que cortam a Índia e o Paquistão. Foram mais de 300 mortos, com mais de 2600 aldeias afetadas e cerca de 450 delas completamente submersas.

Os dois primeiros eventos, quando analisados comparativamente aos últimos quarenta anos, fazem parte de uma tendência crescente de custos e frequência de eventos extremos, conforme apresentado na Figura 1.1. O último, contudo, ainda não teve os dados de custos totais e mortes consolidados.

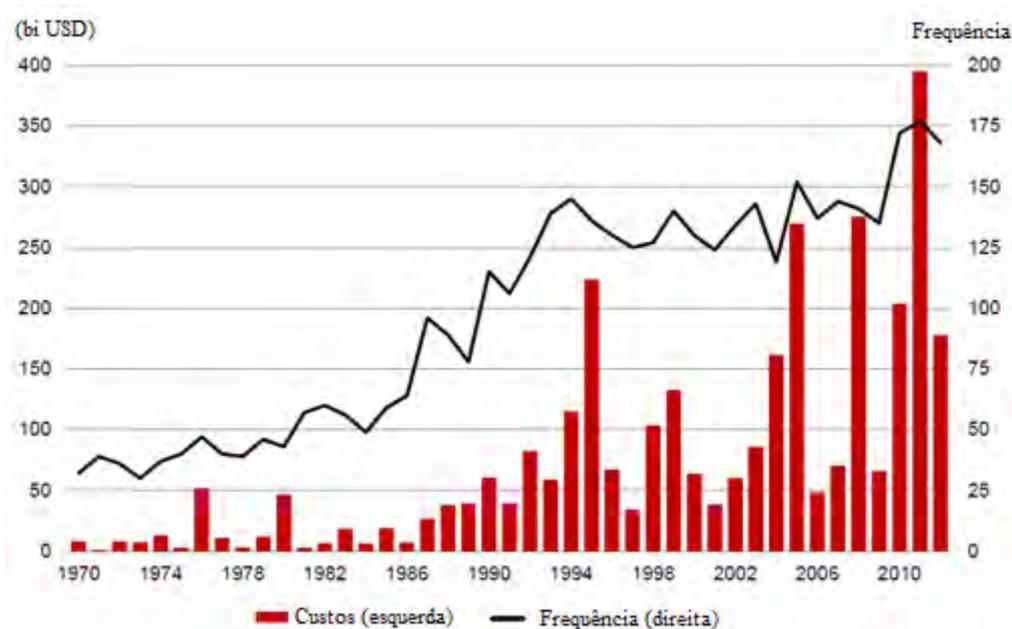


Figura 1.1 - Impactos dos desastres no mundo 1970 – 2012. Fonte: IBC, 2014

Analisando a Figura 1.1, tem-se que houve um crescimento de 250% no número de eventos anuais quando comparadas as décadas de 1970 e de 2000, de 39 eventos para 136.

Outra similaridade entre os dois eventos citados anteriormente, tirando o fato de serem consequências de abalos sísmicos, é terem ocorrido em regiões pobres. Países mais pobres possuem usualmente infraestrutura deficiente quando comparados aos países mais ricos. Dessa forma, um evento natural de dimensões similares tem impactos diferentes em comunidades de nível de renda diferentes. Casas de barro suportam menor volume pluviométrico quando comparadas com casas de alvenaria, prédios com sistema de amortecimento resistem mais a abalos sísmicos, etc.

O aumento do número de ocorrências, bem como da intensidade desses eventos, está diretamente associado às variações climáticas por que passa o planeta, excetuando-se os abalos sísmicos, eventos esses sobre os quais não há evidências de associação com as mudanças climáticas. Aumento da temperatura média do planeta, aumento do nível dos oceanos, intensificação dos extremos de temperatura, etc. Discute-se, contudo, o nível de influência da atividade humana sobre esse novo panorama.

O último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) aponta que a população mais pobre estará cada vez mais vulnerável aos impactos das mudanças climáticas. Ainda segundo o IPCC, embora tenha havido retrocesso no processo de savanização da Amazônia, as mudanças no regime de chuvas da região, aliado ao desmatamento e à subida gradual de temperatura, podem ter graves consequências sobre o bioma local. Há também maior preocupação sobre a previsão de aumento de precipitações e a maior incidência de extremos no sudeste brasileiro.

Uma forma de mitigar os impactos negativos dos eventos naturais, principalmente em locais de maior pobreza, é fortalecer a comunidade e integrar ao máximo os conhecimentos adquiridos pela população afetada, procurando diminuir sua vulnerabilidade aos desastres e, passado um evento catastrófico, aumentar a resiliência local. Nesse contexto existe a Redução do Risco de Desastres (RRD), um conceito que, explorado levando-se em conta as variações climáticas por que passa o planeta, pode diminuir não só os gastos com recuperação dos locais atingidos, como também reduzir substancialmente o número de mortos e afetados por esses desastres.

1.1.Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é formular uma metodologia para cálculo de vulnerabilidade ambiental sob o contexto de RRD, com aplicação em uma comunidade brasileira que apresente uma alta vulnerabilidade e que seja acometida frequentemente por eventos extremos, com o intuito de promover um aumento da resiliência e com isso reduzir os riscos associados.

Para atingir esse objetivo, tem-se como metas secundárias:

- Entender como a RRD está inserida no atual cenário mundial e brasileiro, bem como avaliar seus conceitos e aplicabilidade à realidade brasileira;
- Identificar os eventos extremos frequentes no Brasil e possíveis soluções RRD associadas;
- Identificar uma comunidade com alta vulnerabilidade, sujeita a eventos extremos frequentes, para a aplicação da RRD;
- Formulação e aplicação de metodologia própria para avaliação de região escolhida para análise.

1.2.Divisão do trabalho

Para atingir os objetivos propostos, primeiramente será necessário apresentar um referencial teórico, descrito no Capítulo 2, que explora os conceitos de RRD, Mudanças Climáticas e discute sobre o último Marco de Ação proposto pela Organização das Nações Unidas sobre o tema. Ainda no Capítulo 2, são apresentadas a metodologia da ONU para tornar cidades mais resilientes e é apresentada metodologia para análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais.

O Capítulo 3 analisa o histórico de desastres no Brasil, separando os três eventos mais frequentes para uma análise mais pormenorizada, procurando hierarquiza-los quanto à quantidade de eventos e impactos sobre vidas humanas. O Capítulo 4 apresenta a metodologia do trabalho, detalhando a abordagem da técnica de cálculo de vulnerabilidade associada à RRD a ser adotada e a descrição da área de estudo na qual a técnica será aplicada. Os resultados e discussões estão apresentados no Capítulo 5. Finalmente, o Capítulo 6 traz as conclusões deste estudo e faz as recomendações para trabalhos futuros.

2. Referencial Teórico

2.1. Definição de Redução de Risco de Desastres (RDD)

De acordo com a UNISDR – *The United Nations Office for Disaster Risk Reduction* – redução de risco de desastres é definido da seguinte forma:

Disaster risk reduction is the concept and practice of reducing disaster risks through systematic efforts to analyze and reduce the causal factors of disasters. Reducing exposure to hazards, lessening vulnerability of people and property, wise management of land and the environment, and improving preparedness and early warning for adverse events are all examples of disaster risk reduction. (UNISDR, 2009, p. 10).

Em tradução livre, Redução de Risco de Desastres é o conceito e a prática de reduzir os riscos de desastres via esforços sistemáticos para analisar e reduzir os fatores que causam desastres. Reduzir exposição a riscos, diminuir vulnerabilidades de pessoas e propriedades, uso racional da Terra e do meio-ambiente, e melhoria no preparo e alerta para eventos adversos são todos exemplos de redução de risco de desastres.

Em outras palavras, Redução de Risco de Desastres, ou RRD, consiste em uma abordagem para identificar, analisar e reduzir as vulnerabilidades que, por sua vez, fazem com que um evento natural tenha potencial para se transformar em um desastre natural.

Uma forma de compreender RRD é interpretá-la como a integração entre um núcleo do indivíduo, com suas necessidades básicas de um lado e seus ativos do outro lado (Sanderson, 2001). Por necessidades básicas entende-se tudo aquilo que garante hoje a sobrevivência por mais um dia, *e.g.* água, comida, abrigo. Já os ativos são separados em sete grupos distintos que por sua vez se sobrepõem eventualmente. São os ativos humano, social, político, cultural, financeiro, físico e natural. Esses ativos são responsáveis por proteger o indivíduo quando este é submetido a situações de estresse. Dessa forma, RRD consiste em fortalecer os ativos do indivíduo, ou da comunidade, garantindo que suas necessidades básicas não sejam afetadas. Essa forma de enxergar RRD está inserida dentro de um Marco de Ação

mais amplo denominado *Household Livelihood Security* (HLS), ou Segurança de Subsistência das Famílias. A Figura 2.1 apresenta visualmente essa forma de entender RRD.

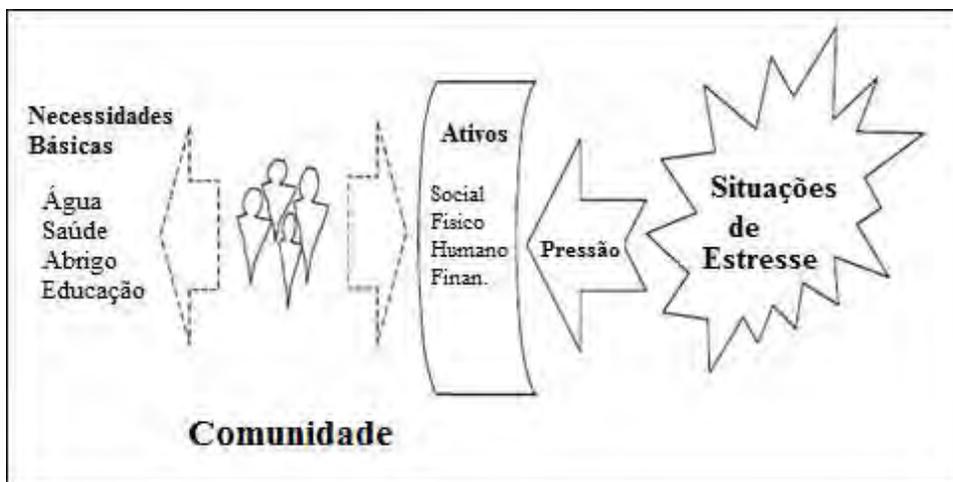


Figura 2.1 - RRD sob HLS. FONTE: Sanderson, 2001

Para entender e desenvolver RRD é necessário compreender risco, compreender desastre e compreender os conceitos associados a cada um desses termos. Risco é definido como a probabilidade de um evento acontecer em um determinado intervalo de tempo associada à magnitude desse impacto quando de sua ocorrência (Concern, 2005). Segundo o Modelo de Crunch, risco é o produto de Ameaça e Vulnerabilidade (Oxfan, 2012), conforme apresentado na Figura 2.2.

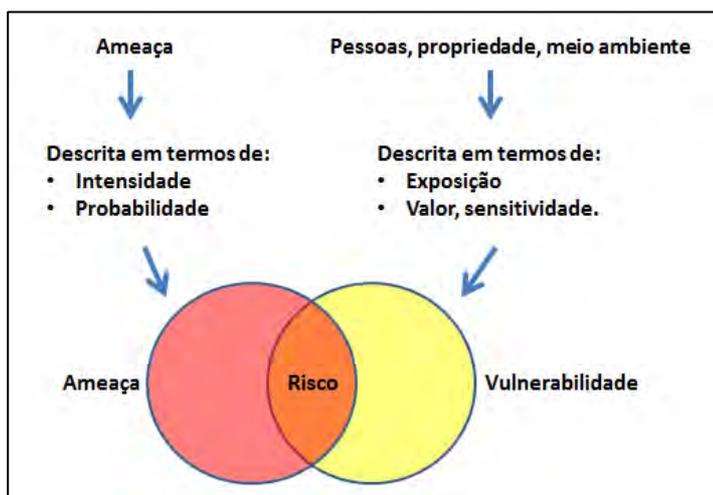


Figura 2.2 - Modelo de Crunch para risco. FONTE: DKKV, 2004

Ameaça é definida como um ente perigoso, seja um fenômeno, uma substância, uma atividade ou condição humana que pode causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos sobre a saúde, danos materiais, perda de meios de subsistência e serviços, ruptura social e

econômica, ou dano ambiental (UNISDR, 2009). Já por vulnerabilidade entende-se a configuração total de condições objetivas e subjetivas de existência, historicamente determinadas e protagonizadas por sujeitos coletivos concretos, que originaram ou acentuaram sua predisposição a serem afetados por uma eventual agressão ou ameaça (Campos, 2000). Quanto menor a infraestrutura de saneamento, maior a vulnerabilidade das pessoas a doenças infecciosas. Quanto mais próximo a regiões de encosta, maiores as chances de movimentos de massa.

Se por um lado o modelo de Crunch limita à ameaça e à vulnerabilidade a existência do risco associado, deve-se integrar a resiliência para obter o risco associado à ocorrência de desastre. Resiliência é a habilidade de um sistema, comunidade ou sociedade de, quando exposta a um evento de perigo, resistir, absorver, acomodar-se e recuperar-se de forma rápida e eficiente dos efeitos desse evento por meio da preservação e restauração de uma estrutura essencial básica (UNISDR, 2009). As condições mais suscetíveis à ocorrência de grandes desastres são aquelas em que há alta ocorrência de eventos destrutivos, elevada vulnerabilidade e baixa resiliência.

2.2.RRD associada a Adaptação a Mudanças Climáticas (AMC)

Por Mudanças Climáticas entendem-se as alterações que podem ser atribuídas direta ou indiretamente à atividade humana que altera a composição da atmosfera global, que por sua vez se soma às variações climáticas naturais observadas em períodos comparáveis (ONU, 1992). Cria-se então uma sutil diferença entre mudanças climáticas e variações climáticas; faz-se com que ao se utilizar a expressão mais usual – mudanças climáticas – a responsabilidade sobre a humanidade seja aceita de forma subliminar. Percebe-se nessa definição que se limita o escopo de Mudanças Climáticas, atribuindo exclusivamente à atividade humana responsabilidade sobre essas mudanças. Essa mesma definição é usualmente contestada à medida que se discute a relevância das atividades humanas nos efeitos e variações globais do clima (Machado, 2011).

Se por um lado a UNFCCC limita o escopo de Mudanças Climáticas, por outro lado o quarto relatório do IPCC amplia a definição, colocando mudanças climáticas como uma mudança no estado do clima que pode ser identificada por mudanças no meio e/ou variações em suas propriedades, e que se mantem por um período mais extenso, tipicamente décadas ou

mais (IPCC, 2007). Já o quinto relatório do IPCC constata que, embora que não se considere por definição o homem o responsável pelas Mudanças Climáticas, há 95% de probabilidade de ser o homem o responsável por mais 50% do aumento de temperatura observado no planeta entre 1951 e 2010 (IPCC, 2013). Ainda segundo esse último relatório, o nível dos oceanos aumentou 19 centímetros entre 1901 e 2010, e prevê-se aumento entre 26 e 82 centímetros até 2100, entre vários cenários propostos pelo painel. Esse evento é particularmente preocupante para o caso do Brasil dada a extensão territorial da costa marítima.

Adaptação a Mudanças Climáticas, ou AMC, é um conjunto de práticas e ações, cobertas por diversos atores, a fim de gerenciar e reduzir os riscos associados às mudanças climáticas (Turnbull, 2013). Como são levados em conta os riscos associados às mudanças climáticas, é importante que seja assumida uma definição mais ampla para mudanças climáticas, como a proposta pelo IPCC, para assim ampliar o escopo abordado por AMC. Ainda na definição de AMC, quando se coloca por objetivo a redução dos riscos associados às mudanças climáticas, percebe-se uma intersecção relevante entre AMC e RRD, conforme exemplificado na Figura 2.3.

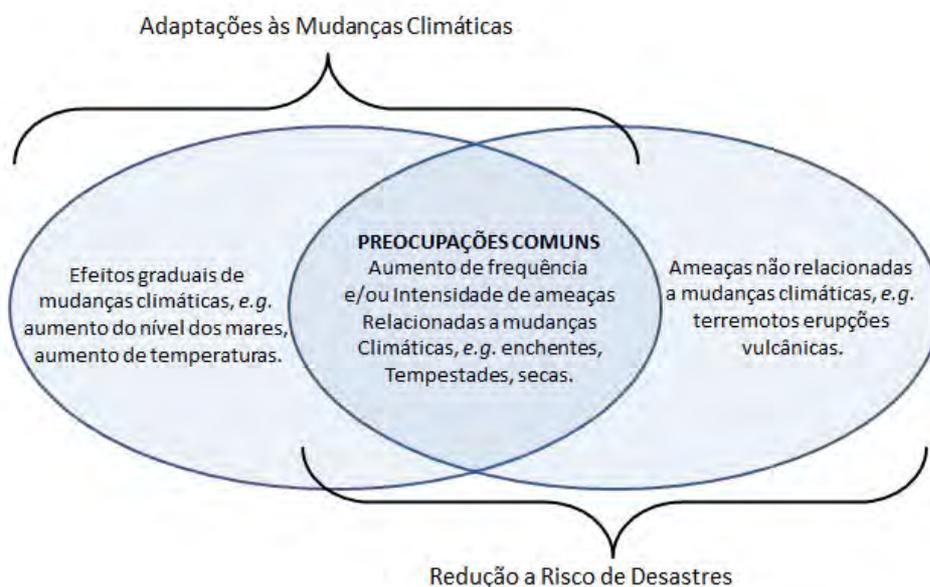


Figura 2.3 - Intersecção entre RRD e AMC. Fonte: Turnbull, 2013

Ainda no contexto de similaridades e diferenças entre abordagens de AMC e RRD, a Tabela 2.1 apresenta de forma mais detalhada esses aspectos.

Tabela 2.1 - Similaridades e diferenças entre AMC e RRD. Fonte: Tearfund, 2008.

DIFERENÇAS		Pontos de Convergência
RRD	Adaptações às Mudanças Climáticas	
Relevante a todos os tipos de ameaças	Relevante a ameaças relacionadas à mudanças climáticas	n/a
Cultura e origem em assistência humanitária seguinte a eventos desastrosos	Cultura e origem em teorias científicas	Especialistas em adaptações à mudanças climáticas estão sendo recrutados entre engenheiros, agricultores, profissionais de saúde e setores de RRD.
Mais preocupado com o presente, <i>i.e.</i> preocupando-se com riscos existentes	Mais preocupado com o futuro, <i>i.e.</i> preocupando-se com riscos novos e incertos	Visão de RRD aumentando em relação a variações climáticas existentes é uma entrada para adaptação à mudanças climáticas
Perspectiva histórica	Perspectiva futura	Como acima
Conhecimento tradicional/indígena no nível da comunidade é base para resiliência	Conhecimento tradicional/indígena no nível da comunidade pode ser insuficiente para resiliência contra tipos e escalas de risco ainda a serem experimentados	Exemplos onde integração entre conhecimento científico e conhecimentos tradicionais para RRD fornecem oportunidades de aprendizado
Medidas estruturais desenhadas para níveis de segurança modelados com evidências correntes e históricas	Medidas estruturais desenhadas para níveis de segurança modelados com evidências correntes e históricas e mudanças esperadas	RRD tem aumentado visão de longo-prazo
Foco tradicional em redução de vulnerabilidades	Foco tradicional em exposição física	n/a
Processo baseado na comunidade decorrente da experiência local	Processo baseado na comunidade decorrente da agenda política	n/a
Aplicação prática em nível local	Aplicação teórica em nível local	Adaptação à mudanças climáticas obtem experiência através de aplicação prática no local
Elevado arsenal de ferramentas consolidadas e em desenvolvimento	Arsenal limitado de ferramentas em desenvolvimento	n/a, exceto o reconhecimento de que mais ferramentas para adaptação são necessárias
Desenvolvimento incremental	Agenda nova e crescente	n/a
Reconhecimento político e generalizado bastante fraco	Reconhecimento político e generalizado crescente	Nenhum, exceto que eventos desastrosos relacionados a mudanças climáticas estão agora sendo mais analisados e discutidos sob referências de mudanças climáticas
Fundos de financiamento ad hoc e insuficientes	Fundos de financiamento consideráveis e aumentando	Engajamento de RRD engajado em mecanismos de arrecadação para adaptação a mudanças climáticas

Quando o IPCC define um espectro temporal para mudanças climáticas, usualmente décadas ou mais, assume-se, portanto, que as ações abrangidas, tanto por RRD quanto por AMC são passíveis de contextualização temporal também, conforme exemplificado na Figura 2.4.

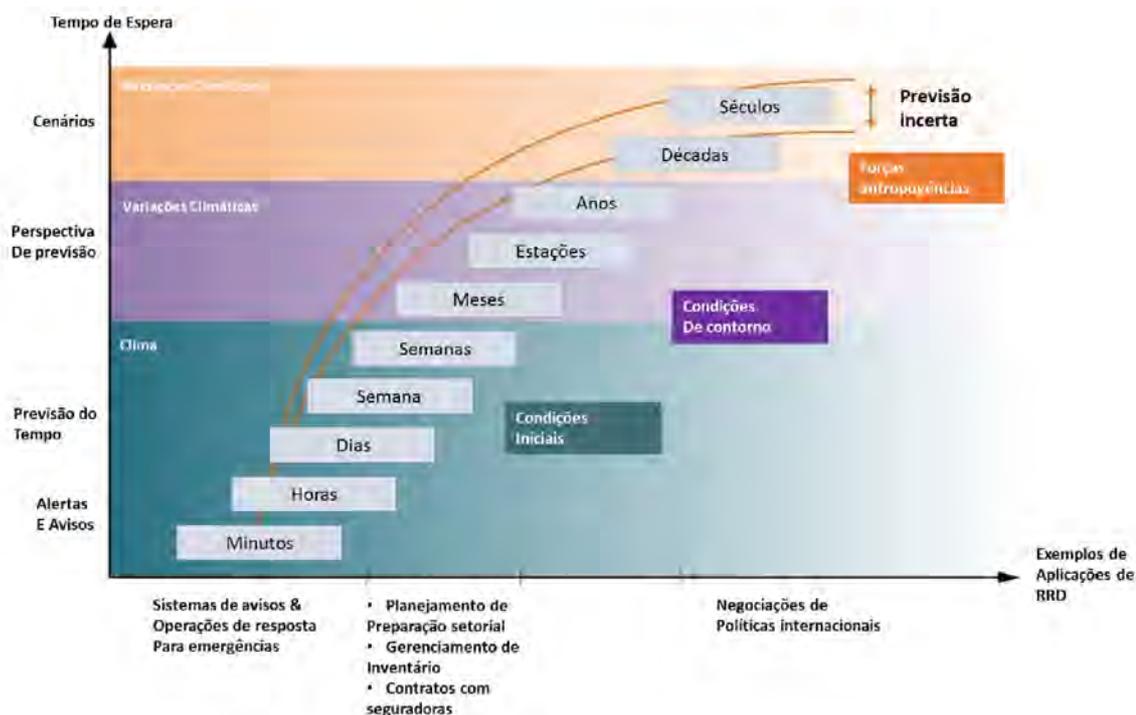


Figura 2.4 – Relação entre CCA e RRD. Fonte: WMO, 2011

2.3. Marcos de Ação

De 18 a 22 de Janeiro de 2005 ocorreu a Conferência Mundial de Redução de Desastres em Hyogo, no Japão. Nessa conferência foi proposto o Marco de Ação de Hyogo, ou MAH, que consiste em um conjunto de ações que deveriam ser adotadas no decênio 2005-2010 a fim de reduzir as vulnerabilidades e riscos de desastres, bem como aumentar a resiliência das localidades (ISDR, 2007a).

O MAH tem como ganho esperado a redução substancial das perdas associadas aos desastres, quer seja em vidas, quer seja em ativos sociais, econômicos e ambientais nas comunidades e países. Seguindo essa projeção de ganhos, foram definidas três metas estratégicas. A primeira trata-se da integração de RRD no desenvolvimento sustentável de políticas e planejamentos. A segunda trata-se do desenvolvimento e fortalecimento das instituições, mecanismos e capacidades de construir resiliência aos perigos. E a terceira e última é a incorporação sistemática de abordagens de RRD na implementação de programas emergenciais de reconstrução, de resposta e de preparação para eventos de desastre.

Dados os objetivos almejados, foram propostas cinco prioridades de ação, as quais são apresentadas a seguir com algumas das atividades chave associadas.

1 – Garantir que RRD seja prioridade nacional e local com forte base institucional para implementação:

- Mecanismos institucionais de RRD com responsabilidades devidamente designadas;
- RRD integrado às políticas de planejamentos urbanos;
- Legislação dando suporte à RRD;
- Descentralização de responsabilidades e de recursos;
- Participação comunitária.

2 – Identificar, avaliar e monitorar riscos de desastres e aumentar avisos prévios:

- Elaboração e disseminação de mapas de riscos;
- Indicadores de RRD e de vulnerabilidades;
- Dados e estatísticas sobre informações de perdas;
- Avisos prévios e pessoas cientes dos sistemas de informações;
- Desenvolvimento científico e tecnológico para compartilhamento de informação e modelagem climática.

3 – Uso de conhecimento, inovação e educação para construir cultura de segurança e de resiliência em todos os níveis:

- Compartilhamento de informação e cooperação;
- Maior integração e diálogo entre disciplinas e regiões;
- Uso de terminologia padrão RRD;
- Inclusão de RRD nos currículos escolares;
- Estudos e treinamentos em RRD tanto para a comunidade como para autoridades locais e setores chave;
- Capacidade de pesquisa multirrisco;
- Consciência pública e de mídia.

4 – Reduzir fatores associados de risco:

- Gerenciamento sustentável do ambiente;
- Estratégias integradas de RRD e CCA;

- Segurança alimentar para resiliência;
- RRD integrado com setor de saúde;
- Proteção de instalações públicas estratégicas;
- Redução de vulnerabilidades com diversidade de opções de receitas;
- Parcerias público-privadas;
- Desenvolvimento de áreas rurais com RRD.

5 – Fortalecer a preparação para enfrentar os desastres de forma efetiva:

- Gerenciar as capacidades das polícias, técnicos, etc.;
- Troca de informações e coordenação entre gerentes de desastres e setores de desenvolvimento;
- Abordagens regionais para resposta a desastres, com foco em RRD;
- Revisar e treinar exercícios de preparo e planos de contingência;
- Fundos emergenciais;
- Aumentar número de voluntários e incentivar maior participação.

Existem alguns fatores comuns a todas as ações prioritárias apresentadas. São questões transversais que devem ser pensadas em todos os níveis, em todas as ações, como abordagem polivalente, perspectiva de gênero e diversidade cultural, participação comunitária e de voluntários, construção de capacidade e transferência de tecnologias.

A Figura 2.5 apresenta um esquema do Framework de ação do Marco de Ação de Hyogo.



International Strategy for Disaster Reduction

RESUMO do Marco de Ação de Hyogo 2005-2015: Construindo Resiliência a Desastres de Nações e Comunidades

Resultados esperados, metas estratégicas e prioridades para ação 2005-2015

Resultados Esperados
Redução substancial de perdas por desastres, em vidas e em ativos social, econômico e ambiental de comunidades e países

Metas Estratégicas

A integração de redução de riscos de Desastres no desenvolvimento sustentável de políticas e planejamento

Desenvolvimento e fortalecimento de instituições e capacidades de construir resiliência a perigos

Incorporação sistemática de abordagem de sistema de pro- emergência, de resposta e pro- reconstrução

Prioridades de Ação

1 – Garantir que RRD seja prioridade nacional e local com forte base institucional para implementação

- Mecanismos institucionais de RRD com responsabilidades devidamente designadas;
- RRD integrado às políticas de planejamentos urbanos;
- Legislação dando suporte à RRD;
- Descentralização de responsabilidades e de recursos;
- Participação comunitária.

Atividades chave

3 – Uso de conhecimento, inovação e educação para construir cultura de segurança e de resiliência em todos os níveis

- Compartilhamento de informação e cooperação;
- Maior integração e diálogo entre disciplinas e regimes;
- Uso de terminologia padrão RRD;
- Inclusão de RRD nos currículos escolares;
- Estudos e treinamentos em RRD tanto para a comunidade como para autoridades locais e setores chave;
- Capacidade de pesquisa multitemático;
- Consultância pública e de mídia.

4 – Reduzir fatores associados de risco

- Gerenciamento sustentável do ambiente;
- Estratégias integradas de RRD e CCA;
- Segurança alimentar para resiliência;
- RRD integrado com setor de saúde;
- Proteção de instalações públicas estratégicas;
- Redução de vulnerabilidades com diversidade de opções de receitas;
- Parcerias público-privadas;
- Desenvolvimento de áreas rurais com RRD.

5 – Fortalecer para enfrentar de forma e

- Gerenciar as políticas, técnicas e procedimentos de coordenação de desastres e de desenvolvimento;
- Abordagens respectiva de RRD;
- Revisar e preparar e planejar o Fundo emergencial;
- Aumentar e incentivar a

Questões Transversais

Abordagem multi perigos

Perspectiva de gênero e diversidade cultural

Participação de voluntários e da comunidade

Desenvolvimento de transferência de tecn

DRR= disaster risk reduction

Figura 2.5 - Framework do Marco de Ação de Hyogo. Fonte: ISDR, 2007a

Anteriormente ao MAH, houve no decênio 1990 – 2000 a Estratégia Internacional para Redução de Desastres (EIRD/ISDR). Os objetivos da EIRD eram bastante similares ao MAH, com foco em aumento da resiliência das comunidades para redução dos desastres e teve como grande ganho a criação de plataformas globais de RRD. Estabelecida a EIRD, formou-se o Sistema EIRD, que compreende inúmeras organizações, desde Estados das Federações até organizações da sociedade civil, sendo esse Sistema EIRD presidido pela Secretaria Geral para Assuntos Humanitários da ONU (USG) (ISDR, 2007b).

A implementação do MAH envolve diversos atores responsáveis cada um por atividades específicas. Entre esses atores, destacam-se os Estados, as organizações regionais, as organizações internacionais e o sistema de EIRD. Entre as responsabilidades dos Estados, destacam-se desenvolver mecanismos de coordenação para o desenvolvimento nacional, conduzir avaliações iniciais do status de RRD, publicar e atualizar resumos de programas nacionais, revisar o progresso nacional associada aos objetivos e prioridades do MAH, trabalhar para implementar instrumentos legais relevantes e integrar estratégias de RRD e AMC. As organizações regionais por sua vez, têm como algumas das suas responsabilidades promover programas regionais de RRD, promover e publicar avaliações iniciais regionais e sub-regionais, coordenar atualizações de progresso de implementação do MAH na região, estabelecer centros de colaboração regional e fornecer o suporte necessário para o desenvolvimento de mecanismos regionais de avisos e alarmes prévios.

Já na esfera internacional, têm-se as organizações internacionais responsáveis por incentivar a integração de RRD com desenvolvimento humanitário e programas de desenvolvimento sustentável, fortalecer a capacidade dos sistemas da ONU para dar assistência adequada às pessoas vítimas de desastres em países em desenvolvimento com iniciativas de RRD, dar suporte à coleta de dados e troca de informações, fornecer coordenação e assistência internacional à Estados com políticas de RRD, fortalecer o gerenciamento de desastres com capacitação e treinamentos. Finalmente, aos sistemas de EIRD cabe desenvolver a matriz de papéis e iniciativas relacionadas ao MAH, facilitar a coordenação de ações nos níveis regional e internacional, desenvolver indicadores de progresso dando suporte aos Estados para mapear seu progresso em relação a implementação do MAH, dar suporte a plataformas nacionais e mecanismos de coordenação, estimular a troca de melhores práticas e lições aprendidas, preparar *reviews* sobre o progresso em relação aos objetivos do MAH.

Os diversos atores mencionados e os agentes meteorológicos, bem como suas relações entre si, são apresentados na Figura 2.6.

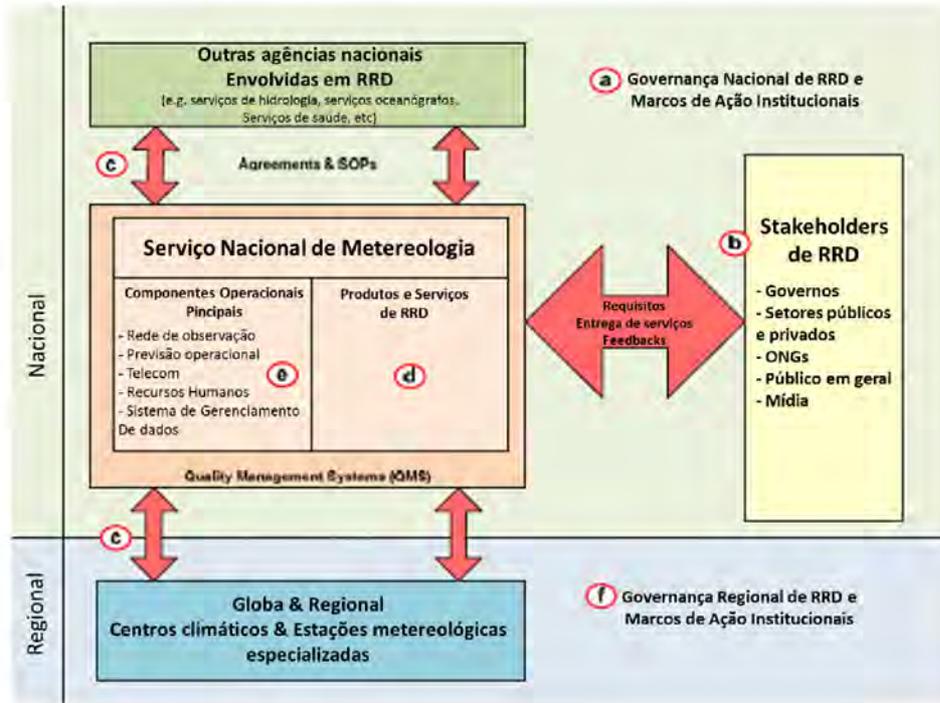


Figura 2.6 - Esquema de relação entre serviços meteorológicos e Stakeholders de RRD. Fonte: WMO, 2012

A Figura 2.7 apresenta por sua vez o ciclo de ação em relação ao desenvolvimento de conhecimento associado à RRD e desenvolvimento de capacidade de ação.

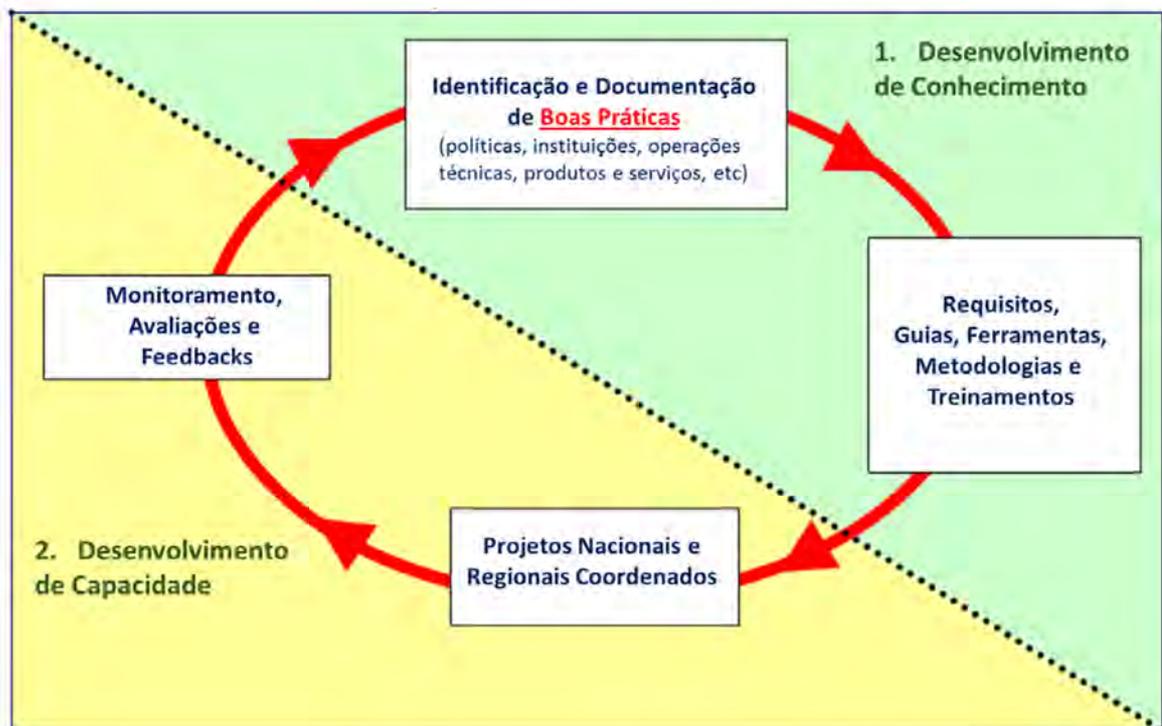


Figura 2.7 - Ciclo de ação de RRD. Fonte: WMO, 2012

Os trabalhos de RRD não procuram se focar em soluções ótimas de engenharia, mas em soluções robustas que se adaptem às incertezas associadas aos riscos potenciais, que procurem balancear uso adequado do solo e uso consciente dos recursos naturais, bem como soluções de engenharia flexíveis e adaptáveis às realidades locais (Jha, 2013). Nesse sentido, por buscar soluções essencialmente integrativas, existe um caráter comunitário por que devem passar as respostas de RRD. A identificação das vulnerabilidades, o status de resiliência, indicadores de iminência de eventos catastróficos, são alguns dos pontos que devem ser levantados em conjunto com as comunidades. A Figura 2.8 apresenta a forma como o conhecimento é construído em uma comunidade.

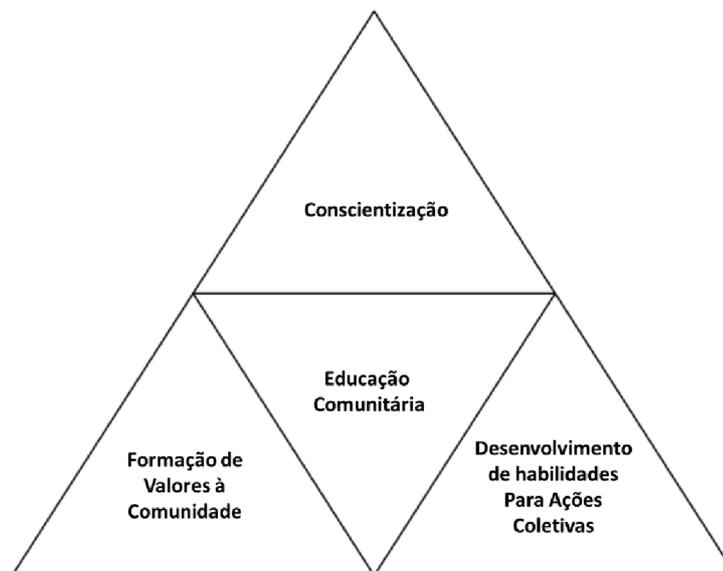


Figura 2.8 – Educação comunitária para capacitação. Fonte: Luna, 2007

2.4. Como Construir Cidades Mais Resilientes

Como parte das ações do Marco de Ação de Hyogo, a ONU disponibilizou a partir de 2012 um manual para gestores públicos comprometidos com o aumento da resiliência de suas localidades. O guia *Como Construir Cidades Mais Resilientes* apresenta de forma simples e objetiva quais os passos que o gestor público deve tomar para que obtenha ganhos de resiliência para sua comunidade.

O manual apresenta dez passos essenciais para a construção de cidades resilientes a desastres:

1. Coloque em prática ações de organização e coordenação para compreender e aplicar ferramentas de redução de riscos de desastres, com base na participação de grupos de cidadãos e da sociedade civil. Construa alianças locais. Assegure que todos os departamentos compreendam o seu papel na redução de risco de desastres e preparação.
2. Atribua um orçamento para a redução de riscos de desastres e forneça incentivos para proprietários em áreas de risco, famílias de baixa renda, comunidades, empresas e setor público para investir na redução dos riscos que enfrentam.

3. Mantenha os dados sobre os riscos e vulnerabilidades atualizados. Prepare as avaliações de risco e utilize-as como base para planos de desenvolvimento urbano e tomadas de decisão. Certifique-se de que esta informação e os planos para a resiliência da sua cidade estejam prontamente disponíveis ao público e totalmente discutido com eles.
4. Invista e mantenha uma infraestrutura para redução de risco, com enfoque estrutural, como por exemplo, obras de drenagem para evitar inundações; e, conforme necessário, invista em ações de adaptação às mudanças climáticas.
5. Avalie a segurança de todas as escolas e centros de saúde e atualize tais avaliações conforme necessário.
6. Aplique e imponha regulamentos realistas, compatíveis como risco de construção e princípios de planejamento do uso do solo. Identifique áreas seguras para cidadãos de baixa renda e desenvolva a urbanização dos assentamentos informais, sempre que possível.
7. Certifique-se de que programas de educação e treinamento sobre a redução de riscos de desastres estejam em vigor nas escolas e comunidades.
8. Proteja os ecossistemas e barreiras naturais para mitigar inundações, tempestades e outros perigos a que sua cidade seja vulnerável. Adapte-se às mudanças climáticas por meio da construção de boas práticas de redução de risco.
9. Instale sistemas de alerta e alarme, e capacidades de gestão de emergências em seu município, e realize regularmente exercícios públicos de preparação.
10. Após qualquer desastre, assegure que as necessidades dos sobreviventes estejam no centro da reconstrução, por meio de apoio direto e por suas organizações comunitárias, de modo a projetar e ajudar a implementar ações de resposta e recuperação, incluindo a reconstrução de casas e de meios de subsistência. (UNISDR, 2012, pag 26)

Ainda segundo o manual, a aplicação desses dez passos deve seguir cinco fases, conforme apresentado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Fases para aplicação dos 10 passos.Fonte: (ONU, 2012)

	Marcos de cada fase	Providências
Fase Um:	Organização e preparação para aplicação dos Dez Passos	1. Preparação do cenário Institucional, sensibilização. 2. Convencimento de atores, formalização do processo participativo. 3. Planejamento e execução do processo.
Fase Dois:	Diagnóstico e avaliação de risco do município	4. Familiarização com os riscos do município. 5. Condução de avaliação de risco. 6. Análise do ambiente e atores locais. 7. Preparação de relatório de avaliação.
Fase Três:	Desenvolvimento de um plano de ação de segurança e resiliência para o município	8. Definição de visão, objetivos e ações principais. 9. Definição de programas e projetos. 10. Institucionalização e manutenção do plano de redução de riscos de desastres.
Fase Quatro:	Implantação do plano	11. Implantação e mobilização de recursos. 12. Garantia de ampla participação e apropriação.
Fase Cinco:	Monitoramento e acompanhamento	13. Monitoramento, acompanhamento e avaliação do plano. 14. Disseminação e promoção do plano.

2.5.Análise de Vulnerabilidade Ambiental

Ainda no contexto da RRD, um ponto que deve ser analisado com cautela é a vulnerabilidade local. E uma das formas de quantificá-la é mediante análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais em metodologia proposta por Ross (1994), na qual supõe-se dependência a três fatores básicos: declividade, solo, cobertura vegetal.

Segundo essa metodologia, a análise da declividade é realizada conforme hierarquia apresentada na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Escala de vulnerabilidade para as classes de declividade de escala grande. Fonte: Ross, 1994.

Valores de vulnerabilidade	Declividade
1 - Muito baixa	Até 6%
2 - Baixa	6-12%
3 - Média	12-20%
4 - Forte	20-30%
5 - Muito forte	Acima de 30%

As escalas de vulnerabilidade para solos e cobertura vegetal/uso do solo são apresentadas na Tabela 2.4 e Tabela 2.5, respectivamente.

Tabela 2.4 - Classes de fragilidade dos solos. Fonte: Ross, 1994.

Classes de vulnerabilidade	Tipos de solo
1 - Muito baixa	Latossolos Vermelhos de textura argilosa
2 - Baixa	Nitossolos Vermelhos de textura argilosa
3 - Média	Gleissolos, solos concrecionários
4 - Forte	Cambissolos
5 - Muito forte	Material coluvial

Tabela 2.5 - Graus de proteção do solo segundo a cobertura vegetal/uso do solo. Fonte: Ross, 1994.

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal
1 - Muito Alta	Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
2 - Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, Cerrado Denso, Capoeira Densa). Mata Homegênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
3 - Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosques de nativas.
4 - Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto, arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento).
5 - Muito baixa	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionais.

A vulnerabilidade final, ou fragilidade dos ambientes naturais, é a associação dos números de cada um dos aspectos apresentados nas Tabelas de declividade, fragilidade do solo e uso do solo. Essa associação varia de 111, correspondente a uma unidade ecodinâmica estável ou de instabilidade potencial muito baixa, até 555, correspondente a uma unidade ecodinâmica de instabilidade emergente muito forte.

3. Desastres no Brasil

Em 2012 a Universidade Federal de Santa Catarina, juntamente com Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres, elaborou o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED, 2012). Nesse estudo procurou-se o histórico recente de desastres naturais no Brasil e mais detalhadamente em cada um dos Estados. Baseado nesse histórico pode-se tomar regiões mais propícias a determinados tipos de eventos naturais e tomar as medidas preventivas necessárias para evita-los.

A Figura 3.1 apresenta inicialmente a distribuição das ocorrências de desastres entre 1991 e 2010.

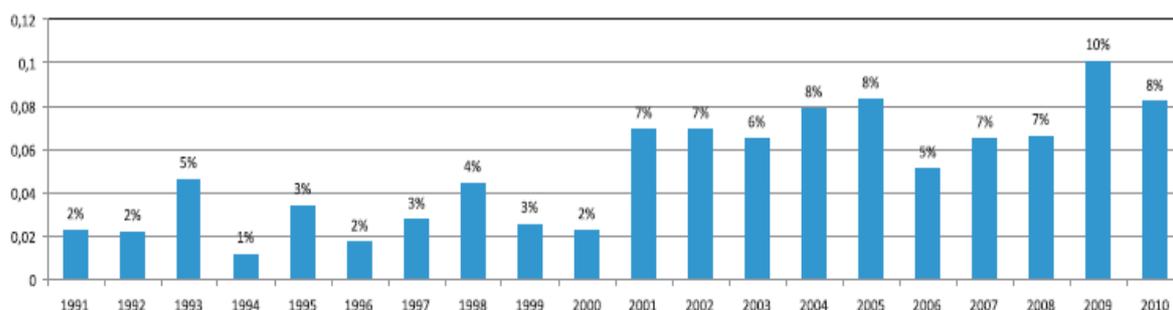


Figura 3.1 - Desastres Naturais ao longo dos anos. Fonte: CEPED, 2012

Percebe-se um aumento do número de ocorrências cujas razões podem ter diversas origens, como o impacto das mudanças climáticas, maior adensamento nos centros urbanos, impermeabilização excessiva dos solos, entre outras tantas possibilidades. Além disso, existe a possibilidade de o número de ocorrências ter aumentando sem que tenha havido aumento real do número de ocorrências, mas apenas o aumento do número de registros.

Com relação ao tipo de evento, têm-se duas análises apresentadas na Figura 3.2 e Figura 3.3. Enquanto a primeira apresenta a relação do total de afetados pelos eventos, a segunda relaciona apenas os óbitos resultantes dos eventos desastrosos.

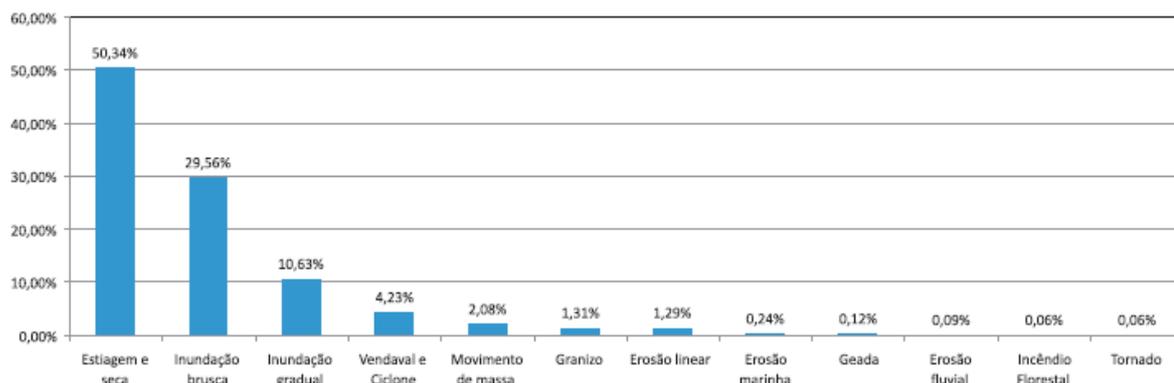


Figura 3.2 - Afetados por tipo de desastre. Fonte: CEPED, 2012

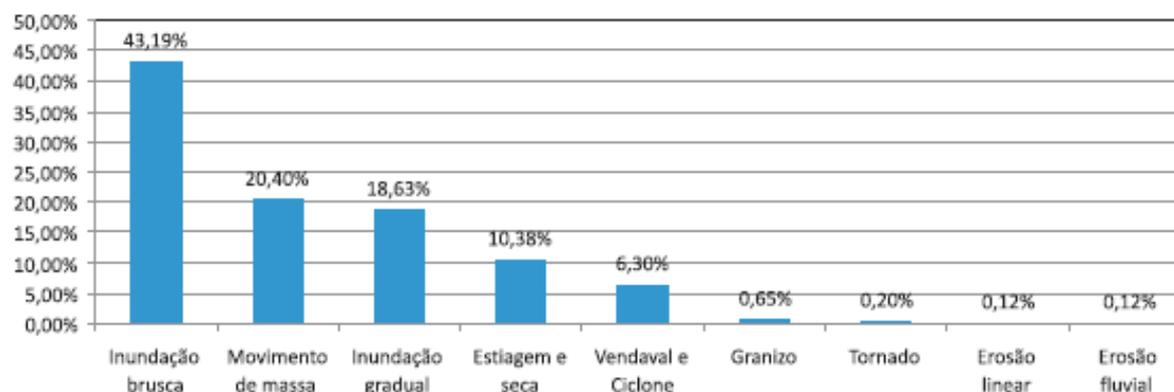


Figura 3.3 - Mortos por tipo de desastre. Fonte: CEPED, 2012

A Estiagem e seca é o evento que afeta o maior número de pessoas, contudo é o quarto em óbitos. Inundações bruscas por sua vez, é o segundo em número de pessoas afetadas e o primeiro em mortes. Percebe-se que os dois eventos mais mortíferos, Inundação brusca e Movimento de massa, são aqueles com menor tempo de resposta do afetado. Os dois eventos que se seguem, Inundação gradual e Estiagem e seca são eventos mais lentos, que embora afetem muita gente, dão mais tempo para adaptação e resposta àqueles que são afligidos por esses eventos.

Para escolher os eventos a serem analisados, optou-se por relacionar concomitantemente os afetados e os mortos, multiplicando os percentuais apresentados na Figura 3.2 e Figura 3.3. O resultado é então apresentado na Figura 3.4.

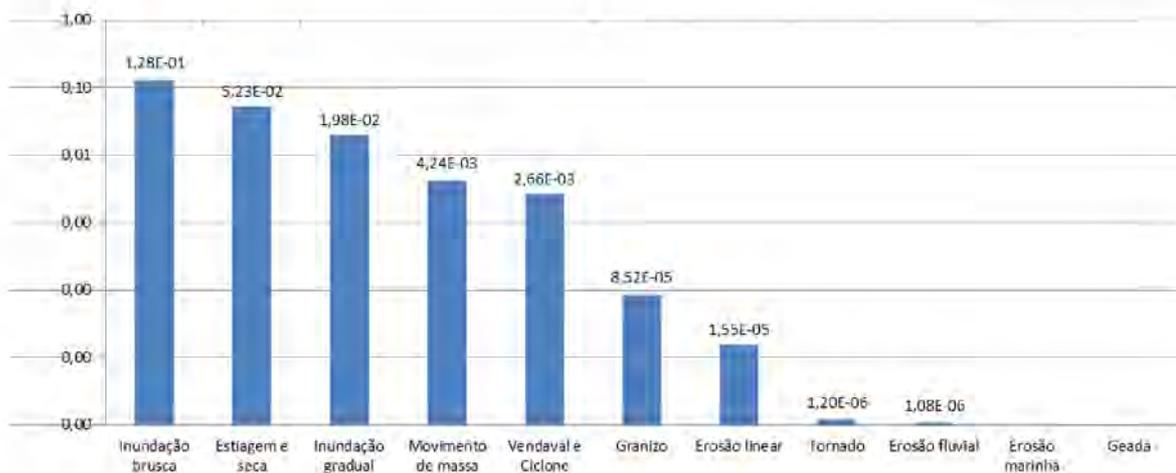


Figura 3.4 - Análise simultânea de afetados e mortos. Fonte: Autor

Para que se possa discernir Inundação brusca de Inundação Gradual, deve-se analisá-los inicialmente juntos em termos conceituais. Pelo CEPED, Inundação brusca diz respeito a dois eventos classificados pela Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos (CODAR). O primeiro deles é Enxurradas ou inundações bruscas. O segundo é Alagamentos. Inundação gradual, por sua vez, diz respeito a enchentes ou inundações graduais, segundo a CODAR. Os conceitos então envolvidos são enxurradas, alagamentos, enchentes e inundações. Enxurrada é o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, próximo ou não a áreas de domínio de processos fluviais (IPT, 2007). Ocorrem usualmente em vias construídas sobre cursos d'água ou em terrenos de elevada declividade. Já alagamento é o acúmulo momentâneo de águas em uma localidade em virtude de problemas no sistema de drenagem. Enchente, por sua vez, é a elevação temporária de um curso d'água, dentro dos limites do leito, em virtude do aumento de vazão. Finalmente, inundação é quando a enchente continua e o nível da água supera a calha do canal, ocorrendo extravasamento de água nas áreas marginais, usualmente não ocupadas pela água. A Figura 3.5 apresenta uma versão esquemática dos processos de enchente e inundação.



Figura 3.5 - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação. Fonte: IPT, 2007

A seguir serão analisados os três eventos mais relevantes juntamente com soluções RRD de sucesso utilizadas em casos semelhantes pelo mundo.

3.1. Inundação brusca

Inundação brusca, conforme apresentado no Item 3, engloba enxurradas ou inundações bruscas e alagamentos. A Figura 3.6 e a Figura 3.7 apresentam respectivamente a distribuição espacial das ocorrências desse tipo de evento no território brasileiro e a quantidade dessas ocorrências ao longo do tempo, entre 1991 e 2010.

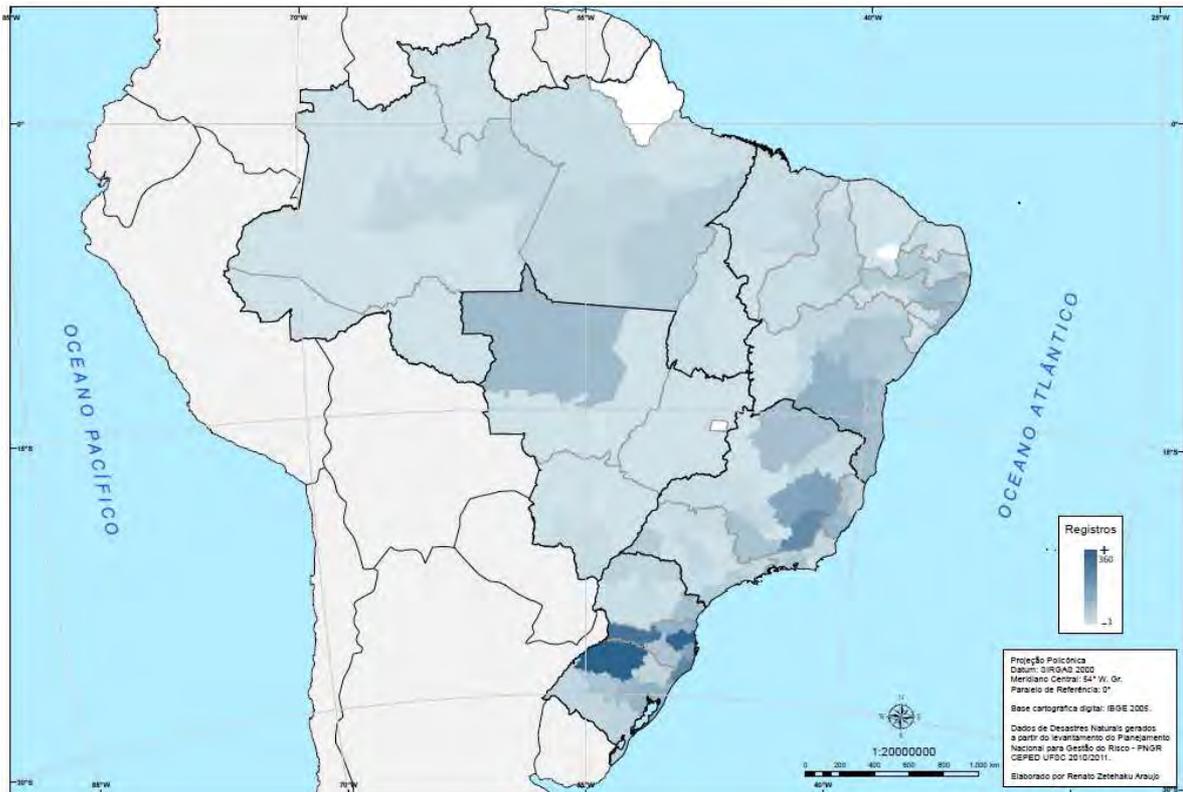


Figura 3.6 - Distribuição espacial das ocorrências de Inundações bruscas. Fonte: CEPED, 2012

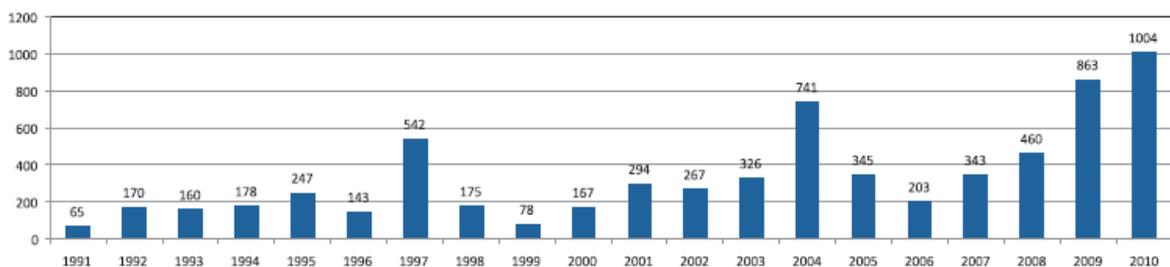


Figura 3.7 - Ocorrências anuais de Inundações bruscas. Fonte: CEPED, 2012

Da Figura 3.7 percebe-se uma leve tendência de aumento no número de ocorrências ao longo dos anos, com picos em 1997 e 2004. 2009 e 2010 podem representar tanto uma continuação da tendência de alta que se inicia em 2006 ou, se os dados dos anos seguintes estivessem consolidados, picos locais.

Da Figura 3.6 percebe-se maior incidência desse tipo de evento na região sul, especificamente no norte do Rio Grande do Sul, oeste e leste de Santa Catarina. A Tabela 3.1 apresenta a distribuição dos eventos por Estados.

Tabela 3.1 - Ocorrências de Inundações bruscas por Estados. Fonte: CEPED, 2012

Estado	Mesorregiões	Municípios	Ocorrências
AC	2	6	9
AP	0	0	0
AM	4	43	72
PA	6	75	155
RO	2	13	17
RR	2	8	11
TO	2	22	28
NORTE	18	167	292
AL	3	78	156
BA	7	283	496
CE	6	37	46
MA	5	104	140
PB	4	146	200
PE	5	156	345
PI	4	109	139
RN	4	72	91
SE	3	28	51
NORDESTE	41	1.013	1.664
ES	4	72	377
MG	12	481	935
RJ	6	76	262
SP	15	242	462
SUDESTE	37	871	2.036
GO	5	40	51
MT	4	88	181
MS	5	38	71
DF	0	0	0
CENTRO-OESTE	14	166	303
PR	10	201	389
RS	7	342	832
SC	6	267	1.255
SUL	23	810	2.476
NACIONAL	133	3.027	6.771

Percebe-se da Tabela 3.1 que Santa Catarina é o Estado onde mais ocorrem Inundações Bruscas, respondendo por 18% de todas as ocorrências do período em análise. Para comparação, a área de Santa Catarina é 1,1% da área total do território brasileiro, enquanto a população gira em torno de 3,3% da população total nacional (IBGE??).

Cada uma das regiões possui seus picos mensais característicos, usualmente conhecidos pelas populações locais. A Figura 3.8 apresenta a distribuição mensal das ocorrências por regiões.

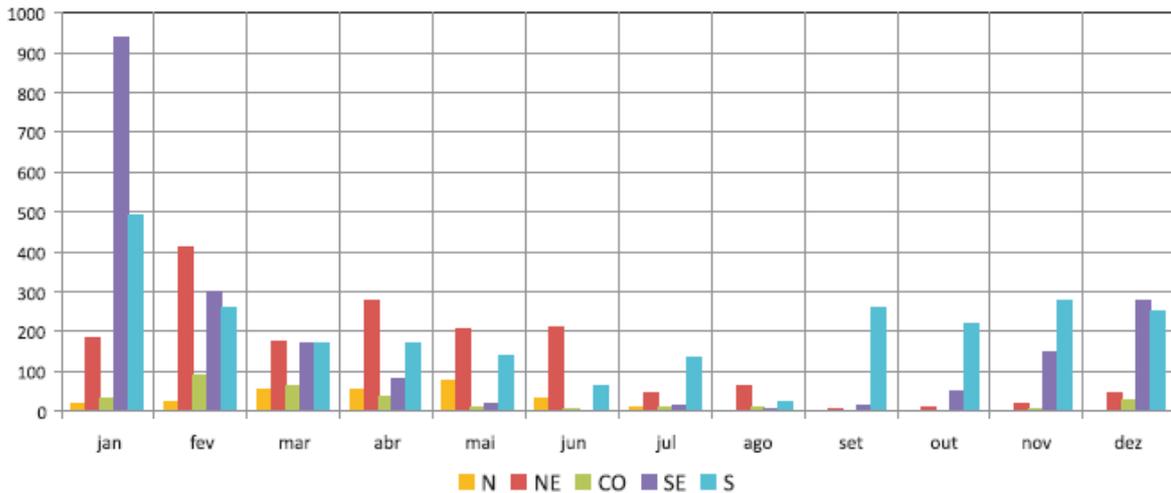


Figura 3.8 - Ocorrências mensais de Inundações bruscas por regiões. Fonte: CEPED, 2012

Percebe-se na região Sudeste um pico significativo em janeiro, além de um período sem muitas ocorrências de Inundações bruscas de maio a setembro. Já na região Sul o pico de janeiro não se sobressai em relação aos outros meses, contudo apenas em agosto tem-se um número reduzido de eventos dessa natureza.

3.2. Estiagem e seca

Estiagem e seca dizem respeito a dois eventos classificados pela CODAR. Conforme o nome sugere, o primeiro diz respeito exclusivamente a Estiagem, enquanto o segundo diz respeito a eventos de Seca. Por estiagem, entende-se um período longo de baixa ou nula pluviosidade, com perda de umidade no solo superior à sua reposição (MI, 2009). Já por seca, entende-se a ausência prolongada de precipitação com consequente desequilíbrio hidrológico. Diz-se também que seca é uma estiagem prolongada.

A Figura 3.9 e a Figura 3.10 apresentam respectivamente a distribuição espacial das ocorrências desse tipo de evento no território brasileiro e a quantidade dessas ocorrências entre os anos de 1991 e 2010.

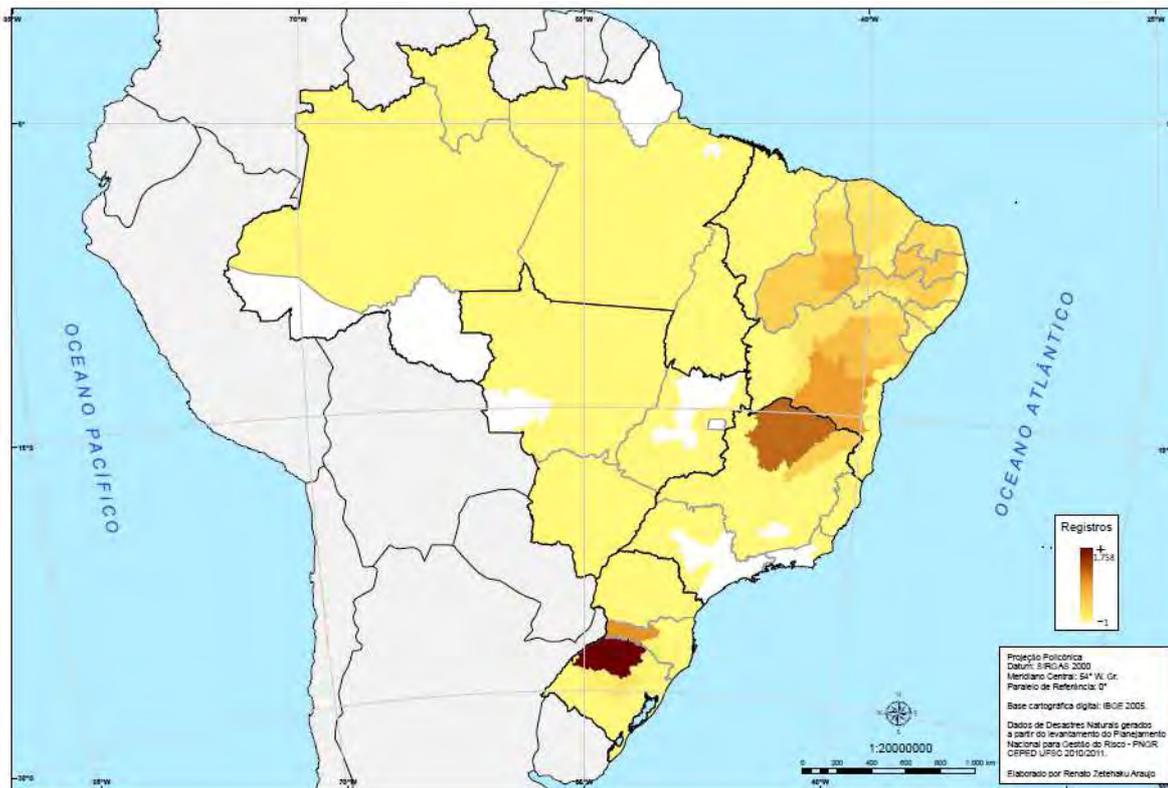


Figura 3.9 - Distribuição espacial das ocorrências de Estiagem e Seca. Fonte: CEPED, 2012

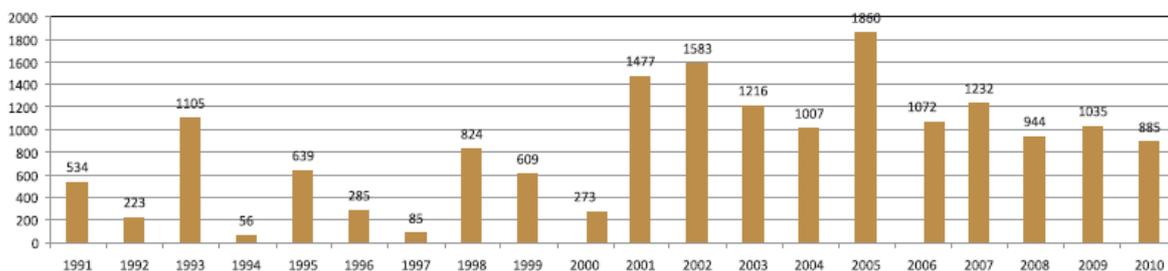


Figura 3.10 - Ocorrências anuais de Estiagem e Seca. Fonte: CEPED, 2012

Da Figura 3.10, percebe-se que durante a década de 2000 todos os anos tiveram número de ocorrências superiores que nove dos dez anos da década de 1990. Apenas o ano de 1993 supera alguns dos anos da década seguinte. Nota-se também que os anos de pico são sucedidos usualmente por dois anos de queda nas ocorrências. Assim, não há sinal de tendência de alta ou de baixa nos eventos listados, mas sim uma constância durante a primeira década em análise, e outra constância, mas dessa vez com número maior de ocorrências, na década que segue.

Da Figura 3.9 nota-se duas grandes regiões mais suscetíveis a esse tipo de eventos. O primeiro é o sertão da região Nordeste e o norte de Minas Gerais. Já o segundo é o oeste de

Santa Catarina e noroeste do Rio Grande do Sul. A fim de discriminar as ocorrências nas localidades de sua incidência, é apresentada a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Ocorrências de Seca e Estiagem por Estados. Fonte: CEPED, 2012

Estado	Mesorregiões	Municípios	Ocorrências
AC	0	0	0
AP	0	0	0
AM	4	62	123
PA	5	26	28
RO	0	0	0
RR	2	14	17
TO	2	17	39
NORTE	13	119	207
AL	3	94	555
BA	7	322	2.326
CE	7	182	1.340
MA	5	64	81
PB	4	210	1.588
PE	5	170	1.089
PI	4	221	1.608
RN	4	156	1.154
SE	3	74	307
NORDESTE	42	1.493	10.048
ES	4	48	210
MG	11	230	1.933
RJ	2	8	11
SP	8	87	116
SUDESTE	25	373	2.270
GO	3	24	24
MT	3	26	37
MS	5	64	112
DF	0	0	0
CENTRO-OESTE	11	114	173
PR	10	171	353
RS	7	457	2.643
SC	6	217	1.250
SUL	23	845	4.246
NACIONAL	114	2.944	16.944

Da Tabela 3.2 nota-se o nordeste é o primeiro em número de ocorrências de Estiagem e seca, sendo que 59,3% dos eventos que aconteceram no período em análise, ocorreram nessa região. Nota-se também que, na região, o Estado que mais sofre é a Bahia, com 2326 eventos. Contudo, apesar da liderança do Nordeste, o Rio Grande do Sul é o Estado que mais enfrentou esse tipo de ocorrência, sendo 2643 no total, ou 15,6% do total do Brasil para o período.

A fim de entender como se dá o ciclo de secas em cada uma das regiões, é apresentada a Figura 3.11, que relaciona para cada uma das regiões do Brasil os eventos ao longo de um ano.

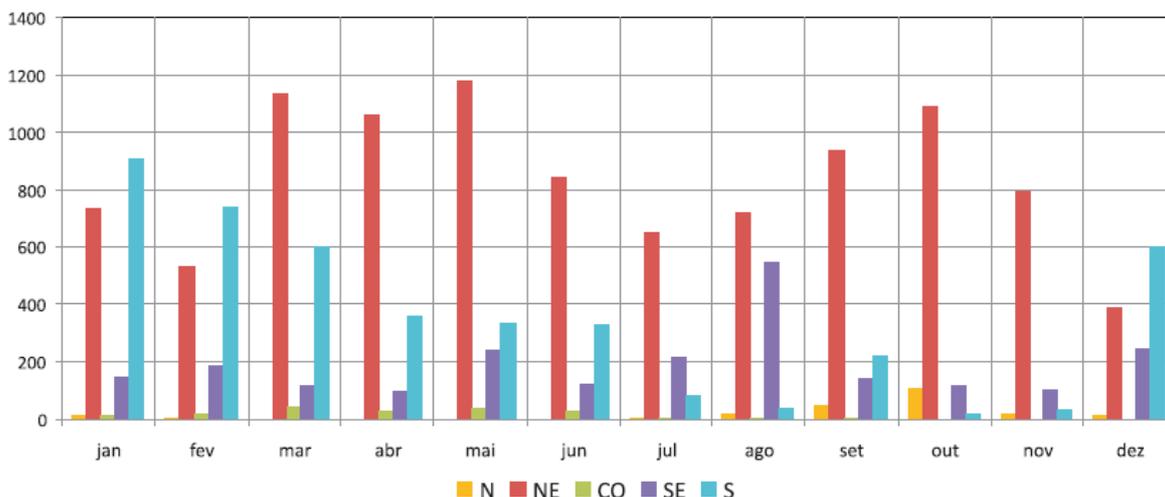


Figura 3.11 - Ocorrências mensais de Estiagem e Seca por regiões. Fonte: CEPED, 2012

Para a região Sul tem-se um pico no mês de Janeiro que vai diminuindo gradualmente até a quase nulidade em Agosto. Setembro tem uma pequena alta, mas volta já em outubro à quase nulidade. A partir de Dezembro inicia-se uma alta vertiginosa que culmina no pico de Janeiro. Já a região Nordeste tem como destaque os meses de Março, Abril e Maio, mantendo quase constante o número de ocorrências. Depois de uma leve queda, a nova tendência de alta culminando em um pico no mês de Outubro. Ainda assim, em todos os meses do ano há elevada incidência de secas na região Nordeste.

3.3. Inundação gradual

Inundação gradual, conforme apresentado no Item 3, enchentes ou inundações graduais, de acordo com a CODAR. A Figura 3.12 e a Figura 3.13 apresentam respectivamente a distribuição espacial das ocorrências desse tipo de evento no território brasileiro e a quantidade dessas ocorrências entre os anos de 1991 e 2010.

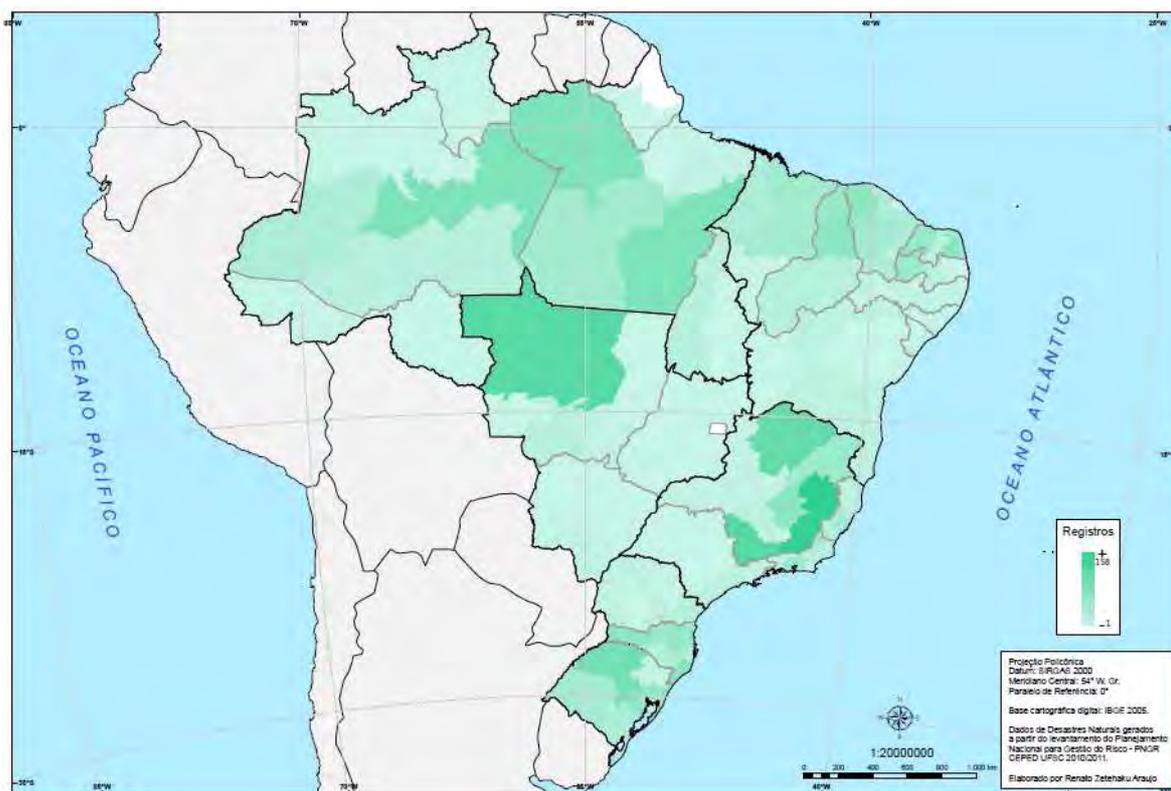


Figura 3.12 - Distribuição espacial das ocorrências de Inundações graduais. Fonte: CEPED, 2012

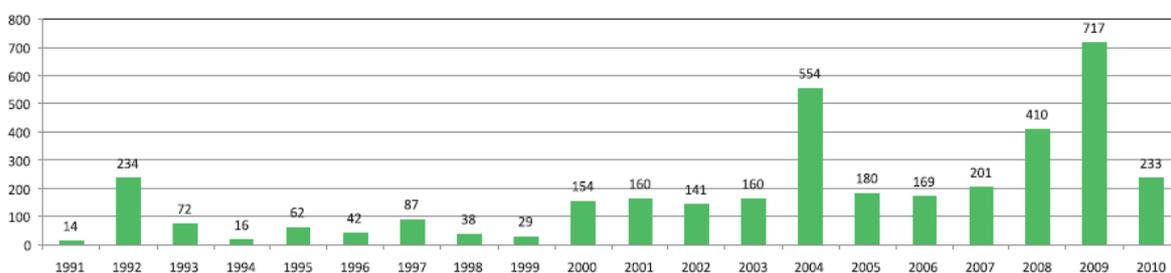


Figura 3.13 - Ocorrências anuais de Inundações graduais. Fonte: CEPED, 2012

Da Figura 3.13 percebe-se uma tendência de alta na última década, com alguns picos locais em 2004 e 2009. Percebe-se também que, na década de 1991 a 1999, além de não apresentar uma clara tendência de descida ou de subida, os valores de fundo são baixos. Na década seguinte, por sua vez, os valores de fundo se elevam comparativamente.

Na Figura 3.12 nota-se um evento bastante disperso. Destacam-se quatro grandes regiões com maior incidência. A primeira é na região Sul, no norte do Rio Grande do Sul e no oeste de Santa Catarina. Já no Sudeste, mais especificamente em Minas Gerais, no Sul, Leste e Norte do Estado. No Nordeste a sua região mais a Norte, nos Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão. Na região Norte nos Estados do Pará e Amazonas. E finalmente no Centro-Oeste, no norte do Mato Grosso.

Dada essa dispersão, a Tabela 3.3 apresenta a distribuição dos eventos por Estados.

Tabela 3.3 - Ocorrências de Inundações graduais por Estados. Fonte: CEPED, 2012

Estado	Mesorregiões	Municípios	Ocorrências
AC	2	5	10
AP	1	4	6
AM	4	57	142
PA	6	57	223
RO	2	8	9
RR	2	8	12
TO	2	21	31
NORTE	19	160	433
AL	3	17	21
BA	7	62	73
CE	7	145	251
MA	5	113	169
PB	4	72	76
PE	5	38	45
PI	4	104	173
RN	4	115	201
SE	3	17	21
NORDESTE	42	683	1.030
ES	4	55	114
MG	12	446	786
RJ	6	51	155
SP	15	84	104
SUDESTE	37	636	1.159
GO	5	19	23
MT	4	67	168
MS	5	20	28
DF	0	0	0
CENTRO-OESTE	14	106	219
PR	10	96	138
RS	7	199	371
SC	6	162	323
SUL	23	457	832
NACIONAL	135	2.042	3.673

Da Tabela 3.3 tem-se que a região mais afetada por Inundações graduais em número de ocorrências é a região Sudeste, pouco acima da região Nordeste. A região Sudeste se destaca devido ao número elevado de casos no Estado de Minas Gerais, representando cerca de 21,4% do total do Brasil. A região Sul, logo atrás de Nordeste e Sudeste, também se destaca uma vez que ainda com apenas três Estados, tenha número também significativo de eventos dessa natureza.

A Figura 3.14 apresenta a distribuição mensal das ocorrências de Inundações graduais por regiões.

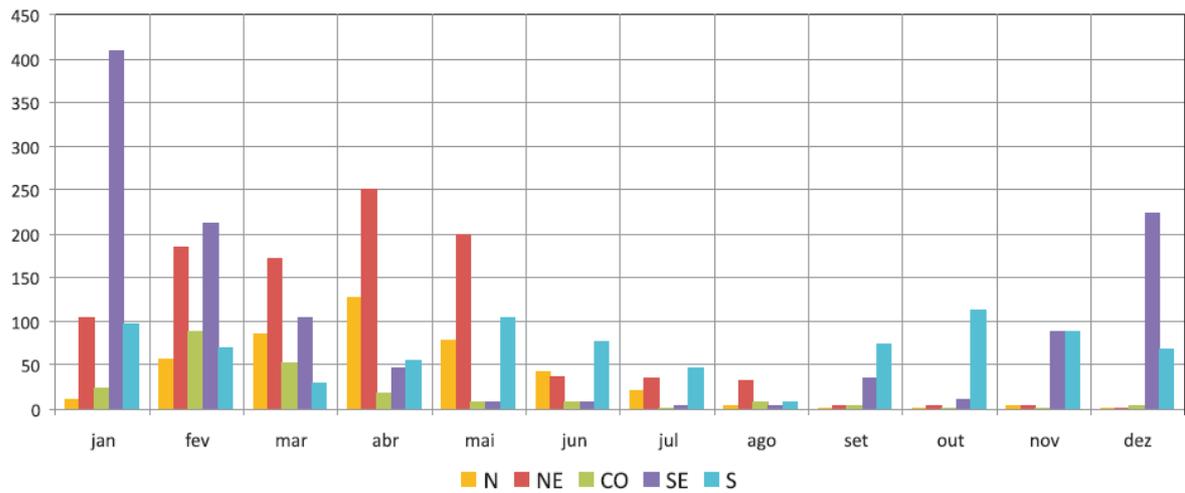


Figura 3.14 - Ocorrências mensais de Inundações graduais por regiões. Fonte: CEPED, 2012

Percebe-se da Figura 3.14 que entre os meses de Janeiro e Maio ocorrem a maioria dos casos de Inundações graduais. A partir de Setembro tem início duas tendências de alta, uma para o Sudeste e outra para o Sul.

4. Metodologia

Analisados os três eventos de desastres de maior relevância para o Brasil, apresentados nas seções anteriores, optou-se pelo estudo das inundações por se tratar do evento cuja relação entre número de afetados e número de óbitos é mais elevada. Escolhido o evento de estudo, decidiu-se aplicar o estudo de caso para a cidade de São Paulo, maior cidade da América Latina e que concentra inúmeras regiões pobres com infraestrutura bastante precária. Já na cidade de São Paulo, foi escolhida a subprefeitura de Vila Prudente para maior detalhamento deste trabalho. Essa subprefeitura está localizada na Zona Leste da capital paulista, uma das regiões com maior incidência de eventos desastrosos, que além disso apresenta elevados índices de pobreza e baixo IDH comparativamente às demais regiões da cidade.

Inicialmente a proposta era a aplicação de metodologia proposta pela ONU para fazer com que as cidades se tornem mais resilientes: Como Construir Cidades Mais Resilientes – Um guia para gestores públicos locais (UNISDR, 2012). Contudo, essa abordagem demanda envolvimento massivo de agentes públicos e comunidade local. Um dos primeiros passos envolve o mapeamento das percepções da comunidade e dos líderes locais, o que seria obtido via questionários. Logo nesse primeiro passo houve dificuldade quando depois de mandados dezesseis questionários, não houve resposta alguma, mesmo com contato via telefone, explicação do projeto e comprometimento por parte do entrevistado de fazê-lo. Dadas as dificuldades potenciais da aplicação do guia da ONU e das dificuldades apresentadas nos primeiros passos, optou-se por limitar o escopo do trabalho para algo que dependesse menos de fatores externos.

Para este trabalho, optou-se por analisar o 5º passo proposto pela ONU apresentado na Seção 2.4, que consiste na avaliação de segurança de todas as escolas e centros de saúde, atualizando essas informações conforme necessidades específicas. Esse ponto é particularmente importante, uma vez que procura garantir o funcionamento ininterrupto de escolas e hospitais independentemente dos eventos que ocorram. Deve-se garantir que as vias de acesso a essas edificações estejam desimpedidas, bem como garantir que não haja interrupções no fornecimento de energia elétrica, água, ou dos sistemas de comunicação. Essa avaliação de segurança se deu mediante análise de vulnerabilidade a que estão submetidas as escolas e centros de saúde.

Para a quantificação da vulnerabilidade, adaptou-se pela metodologia proposta por Ross em “Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados (Ross, 1994). Essa metodologia para vulnerabilidade ambiental foi adaptada e não utilizada em sua forma original uma vez que seu foco é o meio rural, com análises mediante avaliações quanto ao tipo de cultura agrícola presente, ou tipo de solo exposto, dentre outros fatores.

4.1. Análise de Vulnerabilidade de Inundações e Enxurradas

Este trabalho propõe uma metodologia para a análise de vulnerabilidade de inundações e enxurradas, baseado na metodologia proposto por Ross (1994) apresentada na Seção 2.5. Trata-se de uma ferramenta para quantificar uma análise essencialmente qualitativa, fornecendo uma comparação mais clara dentro de uma região em análise para os locais que estão mais vulneráveis e as que estão menos vulneráveis, seja para ocorrência de inundações, seja para a ocorrência de enxurradas. Ou seja, trata-se de uma análise relativizada, que se limita a comparação de situações dentro de um recorte em análise.

Ao invés de três fatores associados como na metodologia de Ross, são associados cinco fatores para o caso de inundações e cinco fatores para o caso de enxurradas, sendo quatro fatores comuns aos dois. Os quatro fatores comuns são: infraestrutura instalada, cobertura do solo, localização relativa e clima. O fator exclusivo às inundações é o fator altitude relativa, enquanto o fator exclusivo às enxurradas é o fator declividade.

Os fatores comuns procuram abranger todos os graus de criticidade dentre cinco possibilidades. Ou seja, para infraestrutura por exemplo, é atribuído valor extremo para o caso de ausência completa de infraestrutura para controle de inundações/enxurradas, e outro valor crítico para existência completa desse tipo de infraestrutura, contemplando entre esses valores críticos situações intermediárias de instalações.

Os graus de proteção propostos quanto ao nível da infraestrutura instalada são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Graus de proteção quanto à infraestrutura instalada

Graus de Proteção	Tipo de Infraestrutura Instalada
1 - Muito Alta	Reservatórios de retenção/contenção nas proximidades. Bocas de lobo bem dimensionadas e limpas com frequência.
2 - Alta	Bocas de lobo em boa quantidade, com limpeza e manutenção frequentes.
3 - Média	Bocas de lobo em boa quantidade, com limpeza regular ou insuficiente.
4 - Baixa	Bocas de lobo mal dimensionadas com limpeza regular ou pouco frequente.
5 - Muito baixa	Bocas de lobo mal dimensionadas e sem limpeza regular.

A cobertura do solo é examinada segundo a Tabela 4.2 apresentada a seguir.

Tabela 4.2 - Graus de proteção quanto à cobertura do solo

Graus de Proteção	Graus de cobertura do solo
1 - Muito Alta	Área de proteção ambiental sem impermeabilização do solo. Presença de mata nativa, sem desmatamento.
2 - Alta	Região sem impermeabilização do solo ou com impermeabilização limitada.
3 - Média	Região em que a relação entre as áreas impermeáveis e permeáveis é praticamente a mesma.
4 - Baixa	Região com bastante impermeabilização do solo, com poucos pedaços de mata ou gramados.
5 - Muito baixa	Região completamente impermeabilizada.

Para analisar a localização relativa aos cursos d'água, deve-se inicialmente graduar esses cursos d'água. Seguindo metodologia do Professor Cosme dos Santos (Ribeiro, s.d), ao rio principal, ou de maior comprimento, atribui-se valor 1. A todos seus tributários, é atribuído valor 2. A todos os tributários dos tributários é atribuído valor 3, e assim sucessivamente. A localização relativa a cursos d'água é analisada então conforme apresentado na Tabela 4.3 a seguir.

Tabela 4.3 - Graus de exposição quanto à localização relativa

Graus de exposição	Graus de localização relativa
1 - Muito Baixa	Localidade afastada de cursos d'água de qualquer atributo.
2 - Baixa	Localidade à média distância de cursos d'água de atributos 1 ou 2 canalizados.
3 - Média	Localidade à média distância de cursos d'água de atributos 1 ou 2 abertos ou sobre cursos d'água de atributo 2.
4 - Alta	Localidade próxima à região de transbordo de cursos d'água abertos de atributo 2 ou sobre cursos d'água de atributo 1 canalizados.
5 - Muito alta	Localidade próxima à região de transbordo da calha de cursos d'água abertos de atributo 1.

Com esses três fatores iniciais, ao invés de concatenar os índices e apresentar o valor como combinação dos três números, como na metodologia na qual se baseia esse trabalho, propõe-se aqui a obtenção de um valor único de referência, sendo a média dos valores obtidos, conforme apresentado na Equação 1 a seguir.

$$F_0 = \frac{IN + CS + LR}{3} \quad (1)$$

Em que:

F_0 : Fator inicial de vulnerabilidade

IN: Fator relacionado à Infraestrutura instalada;

CS: Fator relacionado à cobertura do solo;

LR: Fator relacionado à localização relativa.

Obtido o fator inicial de vulnerabilidade, deve-se analisar os outros dois fatores faltantes como fatores multiplicativos.

Para a análise de vulnerabilidade a enxurradas agrega-se o fator declividade, utilizando inicialmente tabela semelhante à proposta por Ross. Contudo, ao invés de obter um número para combinação, será associado um fator multiplicativo, conforme apresentado na Tabela 4.4 a seguir.

Tabela 4.4 – Fator de ponderação para a declividade

Valores de vulnerabilidade	Declividade	Fator Multiplicativo
1 - Muito baixa	Até 6%	0,6
2 - Baixa	6-12%	0,7
3 - Média	12-20%	0,8
4 - Forte	20-30%	0,9
5 - Muito forte	Acima de 30%	1,0

Já para a análise de vulnerabilidade a inundações, será utilizado o fator de altitude relativa ao curso d'água mais próximo, utilizado também como fator de ponderação. Os valores são então apresentados na Tabela 4.5 a seguir.

Tabela 4.5 – Fator de ponderação para a altitude relativa ao curso d’água mais próximo

Valores de vulnerabilidade	Altitude relativa	Fator Multiplicativo
1 - Muito baixa	Região de máxima cuja cota comporta-se como máximo global em relação à área analisada	0,6
2 - Baixa	Região de máximo local em relação à area analisada	0,7
3 - Média	Região com bastante diferenças de cotas, podendo apresentar em uma microanálise regiões de mínimo local, e podendo também apresentar em microanálise regiões de máximo local	0,8
4 - Forte	Região de mínimo local, podendo ser ainda mais alta que outras localidades, mas que comparativamente ao entorno é a região mais baixa	0,9
5 - Muito forte	Região de mínimo global em relação à área estudada	1,0

Destaca-se aqui que o mínimo global diz respeito a localidades na mesma cota ou abaixo da cota do curso d’água mais próximo, enquanto o máximo global diz respeito a localidades com maior cota em relação ao curso d’água mais próximo.

Para a vulnerabilidade a inundações, necessita-se da análise em separado de altura relativa ao curso d’água mais próximo e localização relativa ao curso d’água mais próximo. Sabendo-se que são dois fatores fortemente correlacionados, embora distintos (um diz respeito essencialmente a distancias verticais enquanto o outro diz respeito a distâncias horizontais), a presença desses dois fatores concomitantemente é uma forma de atribuir à localização maior relevância.

Os fatores de vulnerabilidade local associados a inundações e a enxurradas são apresentados na Equação 2 e Equação 3 a seguir.

$$F_i = f_a * F_0 \quad (2)$$

$$F_x = f_a * F_0 \quad (3)$$

Em que:

F_i : Fator de vulnerabilidade local a Inundações;

F_x : Fator de vulnerabilidade local a Enxurradas;

f_a : Fator de ponderação de altitude relativa;

f_d : Fator de ponderação declividade.

O último fator a ser associado é o fator clima, para fazer da análise local uma análise global. Deve-se gerar uma tabela com valores extremos de pluviosidade na macrorregião em que a análise está sendo feita. Ou seja, se está sendo analisado um bairro de uma cidade, deve-se gerar uma gradação entre os bairros mais chuvosos e os menos chuvosos. Quando se analisa uma cidade, deve-se gerar uma gradação entre as cidades de um Estado ou de uma região do Estado entre as cidades mais chuvosas e as menos chuvosas, atribuindo a cada um dos extremos valores críticos, análogo às Tabelas apresentadas nesta seção.

No caso específico deste trabalho, como a análise do bairro escolhido não será feita em relação às demais regiões da cidade, adotou-se fator multiplicativo igual a um. Justifica-se também o valor adotado com o fato de haver na cidade predominância de ventos sudeste provenientes do litoral e da Serra do mar. Esses ventos, carregados de umidade, encontram-se com as ilhas de calor na entrada da cidade, levando a precipitações mais intensas e recorrentes nessa região da cidade. Outro efeito perverso desse encontro com as ilhas de calor é o barramento da umidade que se direcionava aos reservatórios do Estado. Ou seja, chove muito na cidade, onde não há superfície disponível para absorção, e pouco nos reservatórios, onde se deveria captar essa água para posterior distribuição.

4.2. Estudo de caso

Para aplicação da metodologia para análise da vulnerabilidade a inundações ou enxurradas no meio urbano, optou-se por tomar a cidade de São Paulo. Para um estudo mais esmiuçado, optou-se por diminuir o ponto de observação para apenas um bairro, com realidade e problemas particulares, mas ainda assim integrado ao meio urbano. O bairro

escolhido foi o bairro de Vila Prudente, localizado no extremo noroeste da subprefeitura de Vila Prudente.

A Figura 4.1 apresenta o mapa da cidade de São Paulo, com as cinco zonas geográficas da cidade separadas por cores, sendo a subprefeitura de Vila Prudente a de número 50.

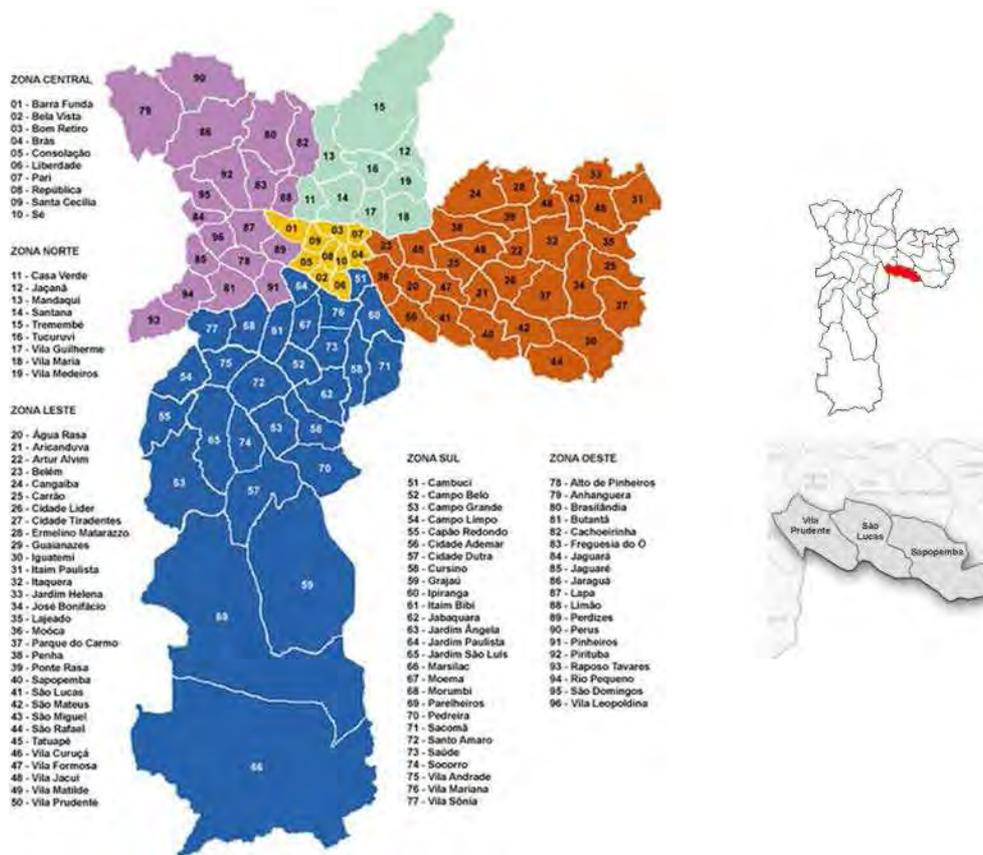


Figura 4.1 – Regiões da cidade de São Paulo

A Zona Leste da cidade é a que apresenta o maior número de bairros com os menores índices de desenvolvimento humano. A Figura 4.2 apresenta as subprefeituras da cidade comparadas com IDHs típicos de regiões europeias (0,840), regiões asiáticas (0,707), regiões indianas (0,549) e finalmente regiões africanas (0,445).

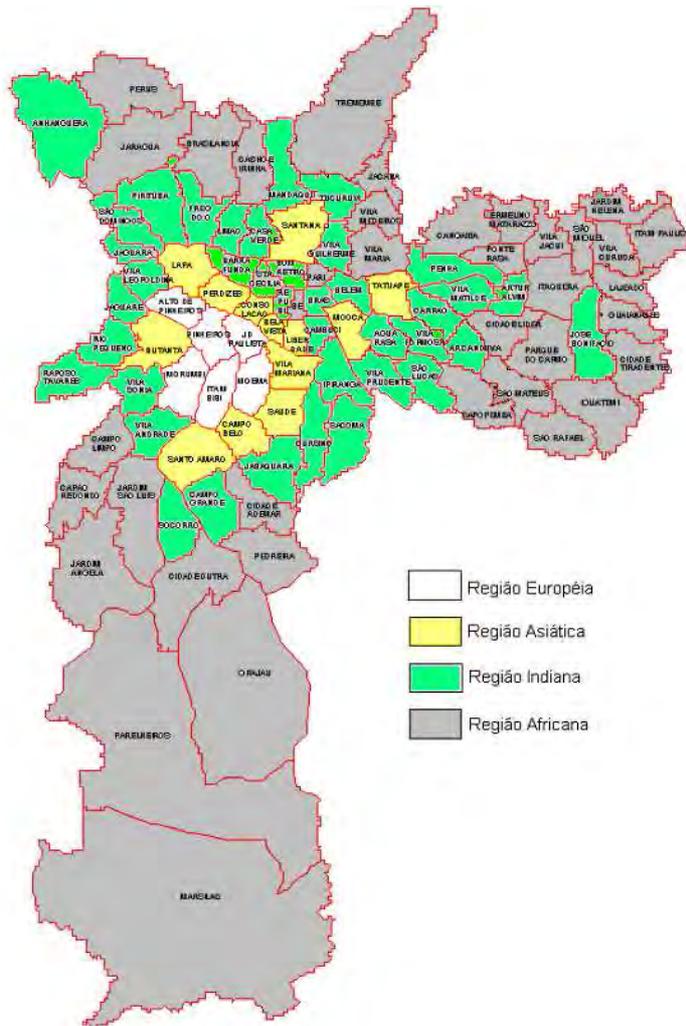


Figura 4.2 – Comparação dos IDH's das subprefeituras de São Paulo. Fonte: PMSP, 2002.

O bairro de Vila Prudente é limitado por duas importantes avenidas da cidade: Avenida Professor Luiz Ignácio Anhaia Mello e Avenida Salim Farah Maluf. Sobre a Av. Anhaia de Mello passa o córrego da Mooca. Já sob a Salim Maluf passa o córrego Tatuapé. A Figura 4.3 apresenta um mapa com o corte da região da subprefeitura de Vila Prudente que será analisada. Esse recorte foi escolhido por abranger parte da subprefeitura sujeira a eventos frequentes de inundações. Destaca-se que os pontos de alagamento recorrentes estão localizados em grande parta na Av. Anhaia de Mello. Além da Avenida, há também um ponto de alagamento na Avenida Paes de Barros, travessa da Av. Anhaia de Mello, indicados em vermelho na Figura 4.4.

Finalmente, são apresentadas a Figura 4.5 e a Figura 4.6 com os cursos d'água da região e as curvas de nível da área em estudo de Vila Prudente.

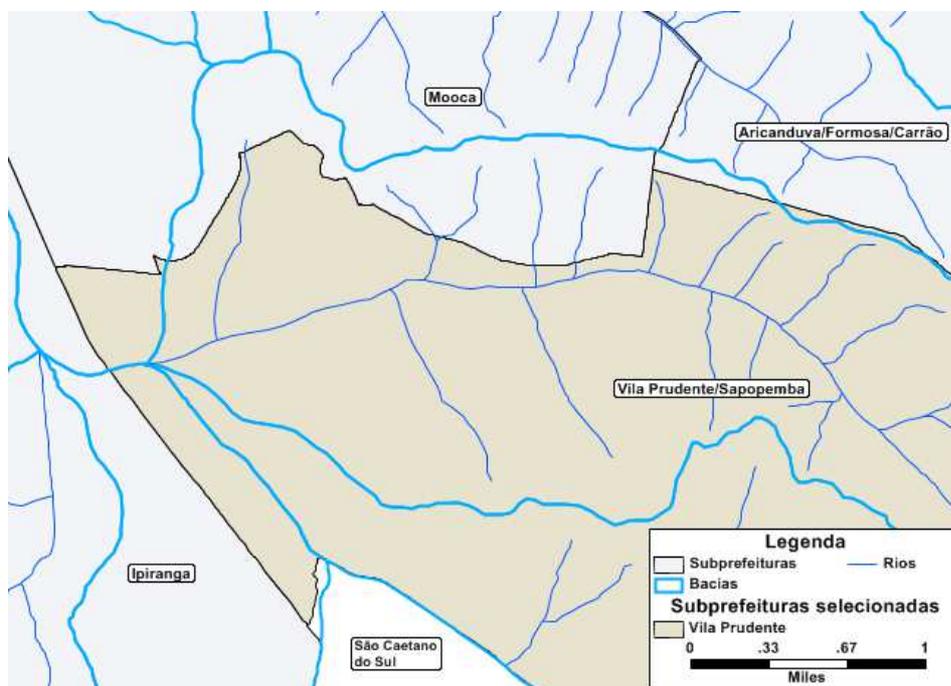


Figura 4.5 – Cursos d'água da Vila Prudente

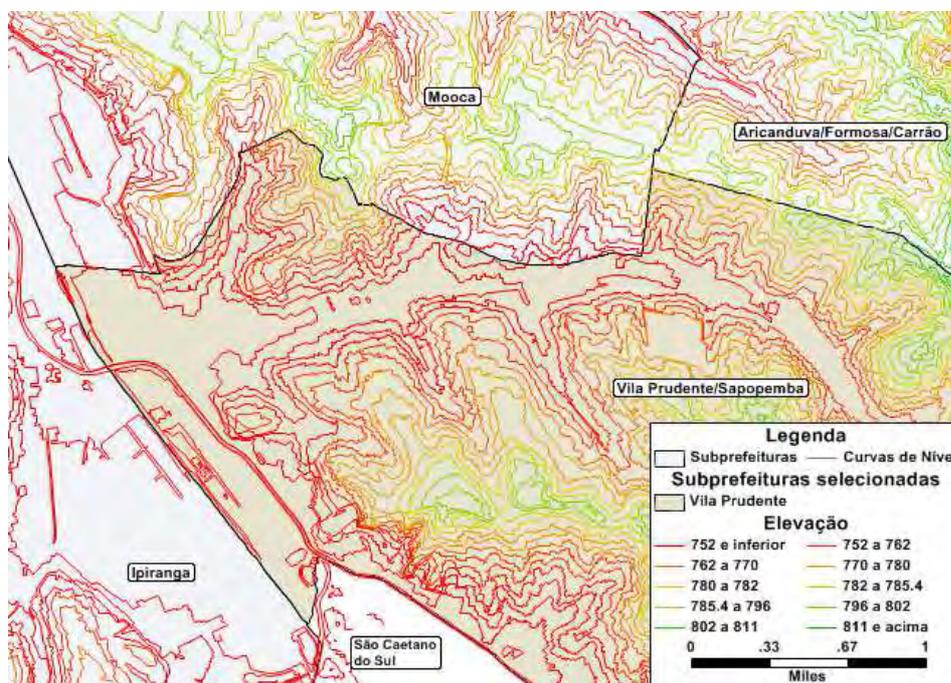


Figura 4.6 – Curvas de nível da Vila Prudente

O mapeamento de escolas e centros de saúde foi realizado inicialmente com base no Cadastro Nacional de Endereços Para Fins Estatísticos – CNEF, com dados obtidos do Censo

2010. A Figura 4.7 e a Figura 4.8 apresentam a quantidade de escolas e centros de saúde por setor censitário na região de Vila Prudente em análise.

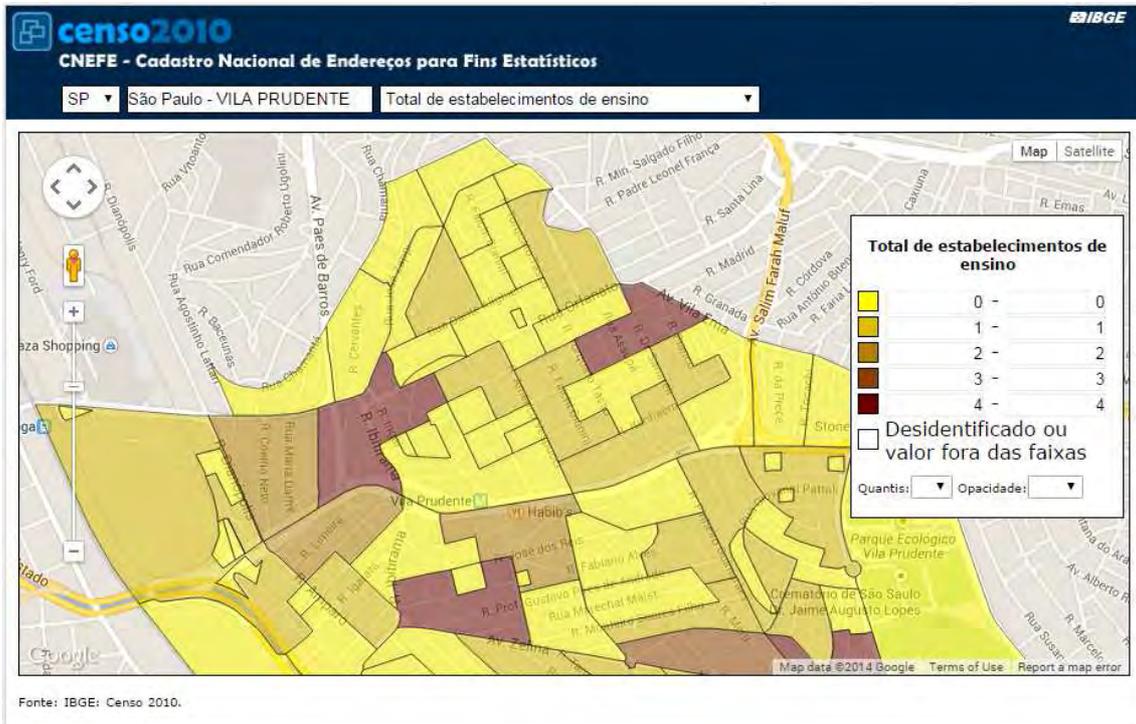


Figura 4.7 – Quantidade de estabelecimentos de ensino por setor censitário

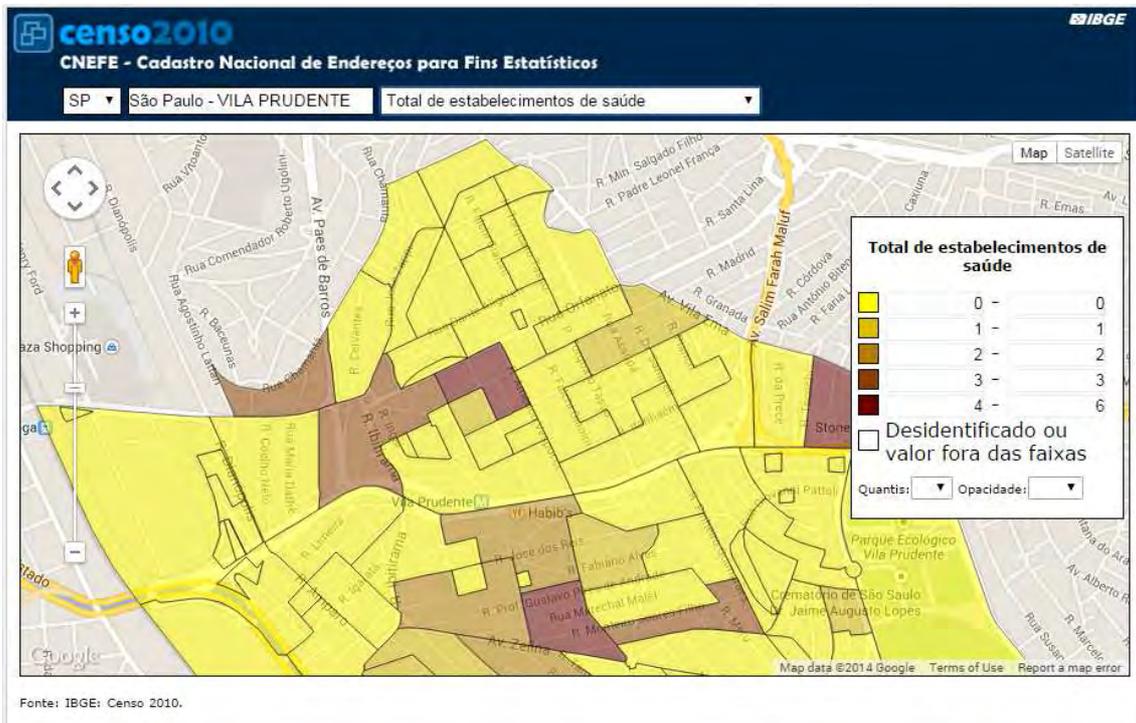


Figura 4.8 – Quantidade de estabelecimentos de saúde por setor censitário

Com a noção inicial da quantidade de escolas e centros de saúde na região estudada, utilizou-se o Google Earth para localizá-los e discriminá-los, conforme apresentado na Figura 4.9 e Figura 4.10 a seguir.



Figura 4.9 – Escolas de Vila Prudente em verde

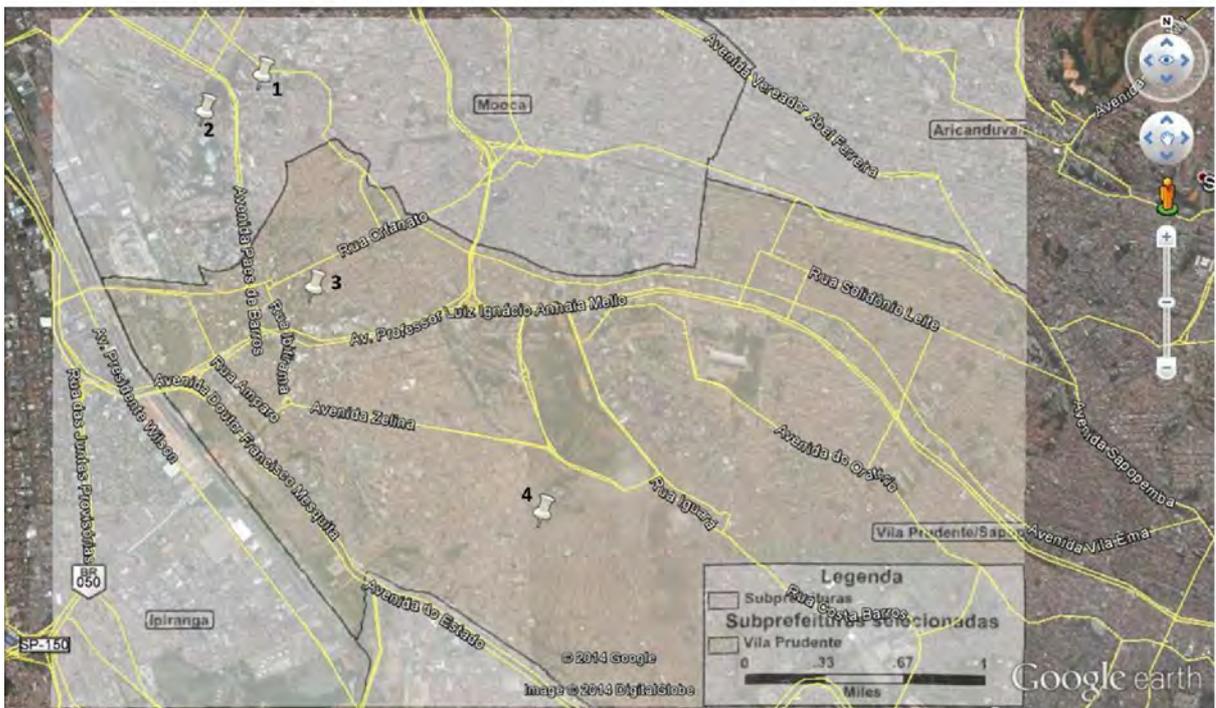


Figura 4.10 – Centros de saúde em Vila Prudente em branco

De posse dos locais mapeados, foram analisadas as condições locais conforme metodologia apresentada na Seção 4.1. Os resultados são então apresentados na próxima Seção.

5. Resultados e Discussões

Discriminados os locais a serem analisados, conforme apresentado na Figura 4.9 e Figura 4.10 da Seção 4.2, foi então aplicada a metodologia proposta na 4.1. Para dinamizar as entradas e gerar uma tabela resumo, foi desenvolvida uma planilha em Microsoft Excel com um código escrito em VBA que facilita a entrada dos dados. Esse código é apresentado no Apêndice A.

Os resultados para os casos analisados tanto para escolas como para centros de saúde são apresentados na Tabela 5.1 e Tabela 5.2, respectivamente.

Com os resultados das análises, destacam-se novamente os locais analisados no mapa, mas agora com indicadores de suas vulnerabilidades relativas. Foram separados o primeiro quartil mais vulnerável, o segundo quartil mais vulnerável e os dois últimos quartis mais vulneráveis, com indicadores de cor nas cores vermelho, amarelo e verde, respectivamente. Contudo, foram admitidos pequenos ajustes para casos com fatores de vulnerabilidade iguais.

Para o caso dos centros de saúde por exemplo, que são apenas quatro locais em análise, o mais vulnerável comparativamente deveria ser indicado em vermelho, o segundo mais vulnerável indicado em amarelo e os dois últimos em verde. Para a vulnerabilidade a inundações essa divisão funciona, contudo, para a vulnerabilidade a enxurradas há dois pontos com o mesmo fator de vulnerabilidade maior, e dois pontos com o mesmo fator de vulnerabilidade menor. Nesse caso não se pode colocar fator intermediário, ocorrendo a divisão apenas entre as cores verde e vermelho.

A Figura 5.1 e Figura 5.2 apresentam os centros de educação e a indicação de sua vulnerabilidade relativa a inundações e enxurradas, respectivamente.

Tabela 5.1 – Fatores de Vulnerabilidade para as instituições de educação de Vila Prudente

Referência do local	Infraestrutura instalada	Cobertura do Solo	Localização Relativa	Declividade	Altitude Relativa	Fator inicial de vulnerabilidade	Fator de vulnerabilidade local a inundação
1 - Escola Estadual Prof. Joaquim do Marco	2	5	1	0,7	0,9	2,67	2,40
2 - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza	2	5	3	0,6	1	3,33	3,33
3 - Escola Estadual Prof Americo de Moura	2	5	3	0,6	1	3,33	3,33
4 - Escola Municipal Quinta da Palmeira	2	5	5	0,6	0,9	4,00	3,60
5 - Escola Estadual André Eyfus	2	5	3	0,7	0,9	3,33	3,00
6 - Escola Estadual Professora Olga Benatti	2	5	3	0,6	0,8	3,33	2,67
7 - Empg Irineu Marinho	2	5	3	0,6	0,8	3,33	2,67
8 - EMEI Professor Sebastião Sanches Martines	2	5	1	0,6	0,8	2,67	2,13
9 - E.M.I.F. Mascarenhas de Moraes Marechal	2	5	1	0,6	0,8	2,67	2,13

Tabela 5.2 – Fatores de Vulnerabilidade para os centros de saúde de Vila Prudente

Referência do local	Infraestrutura instalada	Cobertura do Solo	Localização Relativa	Declividade	Altitude Relativa	Fator inicial de vulnerabilidade	Fator de vulnerabilidade local a inundação
1 - HOSPITAL E MATERNIDADE SAO CRISTOVAO	2	5	1	0,7	0,8	2,67	2,13
2 - HOSPITAL MUNICIPAL DR IGNACIO PROENCA DE GOUVEIA	2	5	1	0,7	0,8	2,67	2,13
3 - Unidade Básica de Saude - Vila Prudente	2	5	2	0,7	0,8	3,00	2,40
4 - Unidade Básica de Saude V. Alpina	2	5	2	0,7	0,9	3,00	2,70

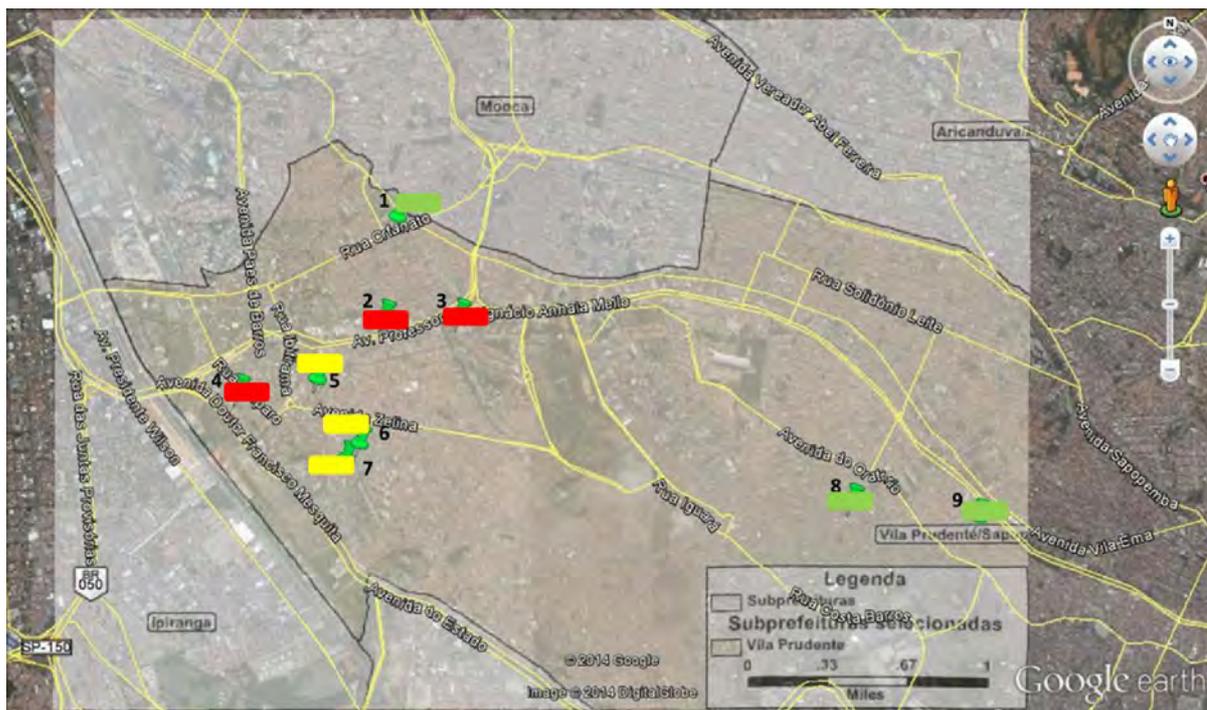


Figura 5.1 – Centros de educação em Vila Prudente e suas vulnerabilidades a inundações

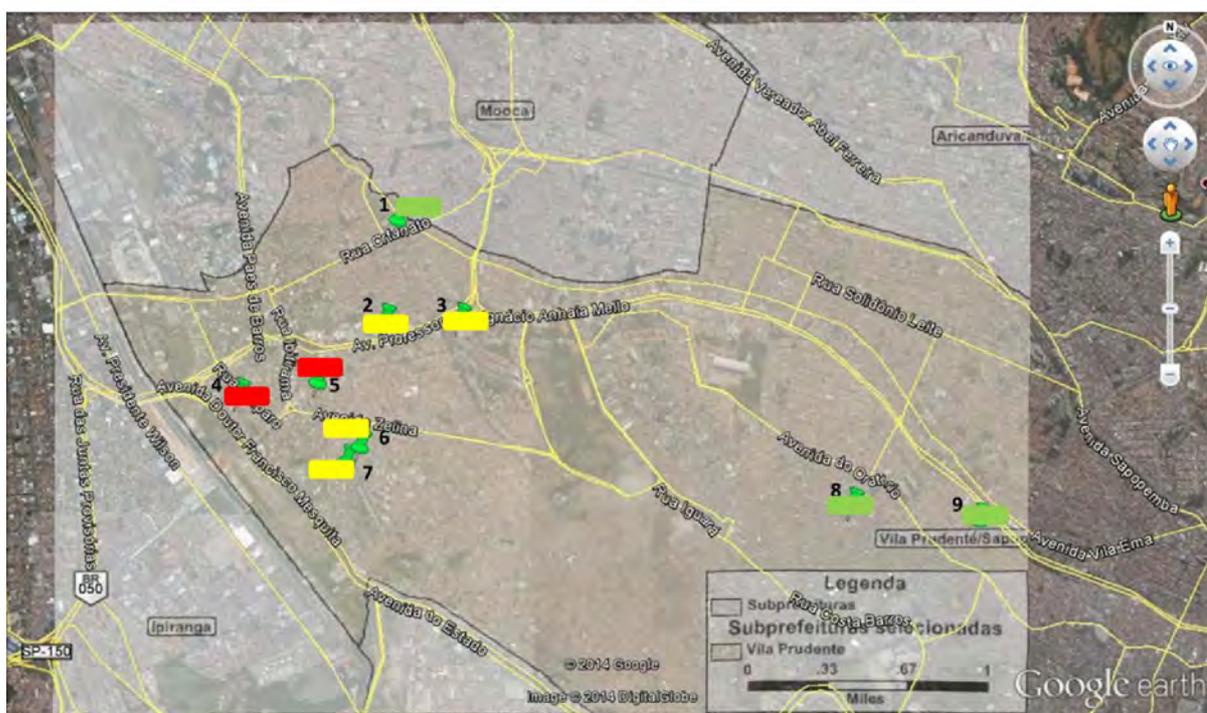


Figura 5.2 – Centros de educação em Vila Prudente e suas vulnerabilidades a enxurradas

Finalmente, são apresentados os centros de saúde com indicações de sua vulnerabilidade relativa a inundações e enxurradas na Figura 5.3 e Figura 5.4 a seguir.

dependem a metodologia. A análise de infraestrutura deve ser feita in loco, as declividades devem ser mensuradas com maior precisão e os regimes de chuva devem ser melhor estudados.

6. Conclusões e recomendações

Em linhas gerais, a análise de Vila Prudente mostra que os estabelecimentos de ensino mais vulneráveis relativamente a inundações coincidem com os pontos que usualmente sofrem desse tipo de problema. O mesmo não acontece para os pontos relativamente vulneráveis a enxurradas e nem para os estabelecimentos de saúde vulneráveis a inundações. Fica evidenciado, portanto, que a análise relativizada como adotada neste trabalho, pode causar entendimento enviesado. Para uma região sabidamente suscetível a inundações, pode-se, depois de calculados os fatores de vulnerabilidade, assumir a existência de regiões pouco vulneráveis. Ou seja, comparativamente, algumas regiões são menos vulneráveis, mas em termos absolutos essas mesmas regiões são altamente vulneráveis.

Em termos de análise sob a perspectiva de RRD, pouco se pode inferir da situação de Vila Prudente. Tomando o guia do ONU para construir cidades resilientes (UNISDR, 2012), dos dez passos a serem adotados, apenas o quinto foi adotado neste trabalho. Os demais pontos envolvem medidas de participação comunitária e disposição política de gestores públicos, o que foge ao escopo deste trabalho.

Dia após dia as variações da natureza têm impactado pesadamente a vida das pessoas, seja nos grandes centros urbanos, seja nas zonas rurais. No momento em que este trabalho começou a ser elaborado, tinha-se em mente os grandes estragos que as chuvas de verão causaram nos últimos anos na cidade de São Paulo. Hoje, passado menos de um ano, o estado de São Paulo vive o que é hoje considerada a maior crise hídrica de sua história, e inúmeros bairros da capital paulista lidam com racionamento de água.

A metodologia proposta nesse trabalho foi aqui aplicada de maneira pontual. Analisava-se determinados pontos dentro de uma região e, como saída, obteve-se a hierarquização comparativa da vulnerabilidade dos locais analisados. Isso pode ter bastante serventia quando, dada uma série de edificações, deseja-se priorizar reformas, adequações, ou outras benfeitorias. Permite principalmente a gestores públicos e líderes locais a identificação das edificações às quais deve-se dar maior atenção e permite também que sejam alertados os moradores dessas localidades.

Há, contudo, alguns passos que devem ser tomados para a melhoria desse processo. O primeiro deles é a análise mais esmiuçada do fator clima. Como esse trabalho se limitou a

apenas um bairro, onde não há grande variação de pluviosidade entre uma região ou outra do bairro, não houve necessidade de detalhamento maior. Contudo, para a análise de uma cidade do porte de São Paulo, é imprescindível que sejam discriminados pontos com maior e menor pluviosidade.

O segundo ponto de destaque é a possibilidade de gerar um mapa com a vulnerabilidade local. Por meio de álgebra de mapas é possível associar à região estudada cada um dos fatores de que depende a vulnerabilidade e, associados conforme apresentado na Seção 4.1, gerar as regiões associadas a cada um dos graus de vulnerabilidade. Idealmente, as prefeituras poderiam gerar esses mapas, com atualizações frequentes para os casos com mudanças de cobertura do solo, ou canalização de cursos d'água. Esses mapas poderiam ser então disponibilizados em sites e divulgados ostensivamente.

Este trabalho apresentou uma forma diferente de se analisar a vulnerabilidade a enchentes, quantificando fatores qualitativos e gerando hierarquias entre lugares. Ainda há espaço para ajustes e refinamentos, havendo possibilidades também de gerar uma saída mais robusta, como a geração de mapas citados anteriormente. Contudo, o que deve ser destacado é a necessidade não só de gerar a análise, mas de dados claros e atualizados, além de divulgação ostensiva das regiões vulneráveis. É empoderar pessoas e comunidades a fim de mitigar riscos de desastres, diminuindo ao máximo as perdas materiais e, principalmente, as perdas humanas.

Referências Bibliográficas

CAMPOS, A.D. **Educación y prevención de desastres**. Red de Estudios Sociales em Prevención de Desastres em América Latina, 2000. Disponível em: <<http://www.desenredando.org/public/libros/index.html>> Acesso em: 30 maio. 2014.

CEPED (Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres). **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2010**. Florianópolis, 2012.

CONCERN. **Approaches to Disaster Risk Reduction: Emergency Unit**. Nov. 2005. Disponível em <<https://www.concern.net/resources/approaches-disaster-risk-reduction>> Acesso em: 31 maio 2014.

DKKV (Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e. V.). **Floor Risk Reduction in Germany: Lessons Learned from the 2002 Disaster in the Elbe Region**. May, 2004. Bonn. Disponível em: <<http://www.dkkv.org/DE/publications/schriftenreihe.asp?h=5&MOVE=3>> Acesso em: 31 maio 2014.

ECHO (European Commission Humanitarian Aid and Civil Protection). **Fact Sheet: Hait earthquake responde**. 2013.

IBC (Insurance Bureau of Canada). **Reducing the fiscal and economic impact of disasters**. Canadá, 2014.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change**. 2007.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. 2013.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. 2014.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Ministério das Cidades). **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Org.: Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo, Agostinho Tadashi Ogura. Brasília, 2007.

ISDR (International Strategy for Disaster Reduction). **Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disaster**. Extract from the final report of the Conference on Disaster Reduction (A/CONF.206/6). Geneve, 2007a. Disponível em < <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/1037>> Acesso em 06 junho 2014.

ISDR (International Strategy for Disaster Reduction). **Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disaster**. Brochure. Geneve, 2007b. Disponível em < http://www.preventionweb.net/files/1217_HFABrochureEnglish.pdf> Acesso em 06 junho 2014.

JHA, A.K; MINER, T.W.;STANTON-GEDDES, Z. **Building Urban Resilience: Principles, Tools, and Practice**. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington DC, 2013.

LUNA, E.M. **Mainstreaming Community-Baseds Disaster Risk Management In Local Development Planning**. 2007

MACHADO, A.J.; FELICIO, R.A. **Ambientes Atmosféricos Modificados pelo Homem e suas Verdadeiras Implicações**. Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 3, p. 1213-1230, 2011.

MI (Ministério da Integração Nacional). **Glossário de Defesa Civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. 5ª edição. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2009. Disponível em: <http://www.ceped.ufsc.br/sites/default/files/projetos/glossario_de_defesa_civil.pdf> Acesso em 24 Agosto 2014.

NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Program). **Fact Sheet: Indian Ocean Earthquake/Tsunami of December 26, 2004**. 2005.

ONU (Organização das Nações Unidas). **United Nations Framework Convention on Climate Change**. 1992. Disponível em <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>> Acesso em 04 junho 2014.

OXFAM. **The Disaster Crunch Model: Guidelines for a Gendered Approach**. May, 2012. Disponível em: <<http://policy-practice.oxfam.org.uk/publications/the-disaster-crunch-model-guidelines-for-a-gendered-approach-247511>> Acesso em: 31 maio 2014.

PMSP (Prefeitura Municipal de São Paulo). **Desigualdade em São Paulo: o IDH**. São Paulo, 2002.

RIBEIRO, D. A. R. **Três Novas Metodologias para Hierarquização de Bacias Hidrográficas. Os Modelos de : Cosme dos Santos e Daniel Ribeiro**. S.d. Disponível em:<https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/3178c4350c396310354c62647187c1f1_622c80b53662078a945f650061747737.pdf> Acesso em: 16 Novembro 2014.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia, FFLCH/USP**, São Paulo, n.6, p. 63-74, 1994.

SANDERSON, D. Cities, disasters and livelihoods. **Journal Environmental and Urbanization**, v.12, n.2, oct. 2000.

TEARFUND. **Linking Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction**. Tearfund, London, 2008.

TURNBULL, M.; STERRETT, C.L.; HILLEBOE, A. **Towards resilience: A guide to disaster risk reduction and climate change adaptations**. 2013. Warwickshire, UK: Practice Action Publishing.

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). 2009. **Terminology on Disaster Risk Reduction**. May, 2009. Geneva. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/7817>> Acesso em: 31 maio 2014.

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). 2012. **Como Construir Cidades Mais Resilientes: Um Guia para Gestores Públicos Locais**. Novembro, 2012. Genebra. Disponível em: <http://www.unisdr.org/files/26462_guiagestorespublicosweb.pdf> Acesso em: 31 maio 2014.

WMO (World Meteorological Organization). **WMO Strategic Plan: 2012-2015**. Geneva, 2011.

WMO (World Metereological Organization). **WMO Disaster Risk Reduction Work Plan (2012-2015)**. Geneva. Jul. 2012.

Apêndice A

```
Sub fat_vul()
```

```
'-----  
'Define as variáveis e atribui valores
```

```
Dim i As Integer
```

```
Dim j As Integer
```

```
i = 2
```

```
j = 2
```

```
'-----  
'Checa se referência local está vazia e abre mensagem de erro em caso positivo
```

```
Sheets("Entrada").Select
```

```
Range("C4").Select
```

```
If IsEmpty(Cells(4, 3)) Then
```

```
    MsgBox "O campo 'Referência do local' não pode ficar vazio."
```

```
Else
```

```
'-----  
'Copia entradas para aba "Aux", remove células vazias e atribui valores
```

```
Range("C4:C14").Select
```

```
Selection.Copy
```

```
Sheets("Aux").Select
```

```
Range("A1").Select
```

```
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteAll, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
    False, Transpose:=True
```

```
Columns("B:B").Select
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```
Selection.Delete Shift:=xlToLeft
```

```
Columns("C:C").Select
```

```
Selection.Delete Shift:=xlToLeft
```

```
Columns("D:D").Select
```

```
Selection.Delete Shift:=xlToLeft
```

```
Columns("E:E").Select
```

```
Selection.Delete Shift:=xlToLeft
```

```
Columns("F:F").Select
```

```
Selection.Delete Shift:=xlToLeft
```

```
Range("A2").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-1]C"
```

```
Range("B2").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=LEFT(R[-1]C,1)"
```

```
Range("B2").Select
```

```

Selection.Copy
Range("B2:D2").Select
ActiveSheet.Paste
Range("D2").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("D2:F2").Select
ActiveSheet.Paste
Range("E2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=LEFT(R[-1]C,3)"
Range("E2").Select
Selection.Copy
Range("F2").Select
ActiveSheet.Paste
Range("A2:F2").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveSheet.Previous.Select
ActiveSheet.Previous.Select

```

```

'Checa linha vazia para colar valores na aba "Resumo"

```

```

Cells(i, 1).Select

```

```

Do While j > 1

```

```

    If IsEmpty(Cells(i, 1)) Then

```

```

        j = 0

```

```

    Else

```

```

        i = i + 1

```

```

    End If

```

```

Loop

```

```

'Cola valores na primeira linha vazia, calcula fatores de vulnerabilidade e imprime a hora em que foi feito

```

```

Cells(i, 1).Select

```

```

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

```

```

Cells(i, 7).Select

```

```

Application.CutCopyMode = False

```

```

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(RC[-5]*RC[-4]*RC[-3])/3"

```

```

Cells(i, 7).Select

```

```

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(RC[-5]+RC[-4]+RC[-3])/3"

```

```

Cells(i, 8).Select

```

```

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]*RC[-2]"

```

```
Cells(i, 9).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-2]*RC[-4]"
Cells(i, 10).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=NOW()"
Cells(i, 10).Select
Selection.Copy
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
Range("I1").Select
ActiveSheet.Previous.Select
Range("A1").Select
```

End If

End Sub

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 21 de novembro de 2014o	3. REGISTRO N° DCTA/ITA/TC-086/2014	4. N° DE PÁGINAS 72
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Análise de vulnerabilidade em ambientes urbanizados sob o contexto Redução do Risco de Desastres (RRD)			
6. AUTOR(ES): Pedro Correia Tredezini			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Redução de Risco de Desastres, Vulnerabilidade, Inundações, Enxurradas, Mudanças Climáticas.			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Mudanças climáticas; Gerenciamento de riscos; Degradação; Vulnerabilidade; Enchentes; Engenharia civil.			
10. APRESENTAÇÃO: ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientadora: Nadiane Smaha Kruk. Publicado em 2014.			
11. RESUMO: Os desastres naturais assolam o mundo, com impactos cada vez maiores ano após ano, principalmente nos locais onde vivem pessoas de mais baixa renda. Para mitigar os efeitos desses desastres alguns países tem adotado a Redução do Risco de Desastres, ou RRD, que procura avaliar as ameaças, vulnerabilidades e resiliência local. Este trabalho se propõe a adaptar uma metodologia para cálculo de vulnerabilidade a enchentes e inundações, eventos esses de maior relevância no contexto brasileiro. A aplicação dessa metodologia é realizada em um bairro da cidade de São Paulo: Vila Prudente, analisando especificamente a vulnerabilidade de estabelecimentos de ensino e de saúde, locais chave para retomada das condições pré-desastre. Os resultados mostram que a aplicação da metodologia permite uma análise comparativa dos locais selecionados para estudo, indicando os locais mais suscetíveis aos desastres, que por sua vez devem ser tomados para melhorias e adaptações pelos gestores públicos.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			