

AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS DE MENSURAÇÃO DE RISCO E VULNERABILIDADE SOCIAL A DESASTRES NATURAIS ASSOCIADOS À MUDANÇA CLIMÁTICA

TANIA MOREIRA BRAGA
ELZIRA LUCIA DE OLIVEIRA
GUSTAVO HENRIQUE NAVES GIVISIEZ

Resumo: O presente artigo avalia metodologias internacionais recentes de mapeamento de risco e de construção de modelos preditivos de vulnerabilidade social a desastres naturais a partir de indicadores sociodemográficos e propõe diretrizes para a sua aplicação no Brasil.

Palavras-chave: Vulnerabilidade. Risco. Desastres naturais.

Abstract: The paper evaluates the methodologies to assess risk and social vulnerability of climate related to natural disasters. We critically analyze three global methodologies and suggest guidelines for its application to the Brazilian case.

Key words: Vulnerability. Risk. Climate related disasters.

Todos os anos, desastres naturais resultam em numerosos mortos, feridos, bem como em onerosas perdas econômicas. A literatura recente aponta para um incremento na frequência e intensividade dos desastres naturais (DILLEY et al., 2005; BRAUCH, 2005; CARDONA, 2004), bem como para um aumento da consciência e do engajamento da comunidade internacional em torno do problema. Segundo relatório do UNDP (2004), 75% da população mundial habita em áreas que foram afetadas pelo menos uma vez por ciclones, enchentes, secas ou terremotos¹ entre os anos de 1980 e 2000.

Desta forma, há fortes argumentos para que se considere como urgente o aprofundamento do conhecimento científico sobre as causas dos efeitos desiguais de tais desastres sobre a população, bem como o desenvolvimento de metodologias de mensuração da vulnerabilidade aos mesmos.

Este artigo se insere em um esforço acadêmico recente de preencher importantes lacunas de conhecimento em relação às dimensões humanas da vulnerabilidade a desastres naturais relacionados à mudança climática.

A literatura recente sobre o tema explicitamente demanda por análises que possibilitem avançar na compreensão das causas de tal vulnerabilidade, o que ainda se encontra em estágio muito inicial. O desenvolvimento de metodologias e análises formais que permitam mensurar e qualificar os diferentes graus de vulnerabilidade

é apontado como crucial nesse processo, visto que possibilitariam a identificação precisa das áreas de maior risco e vulnerabilidade, complementando a informação qualitativa advinda da experiência acumulada nos órgãos de defesa civil.

As conseqüências dos desastres naturais não são sentidas igualmente por todos. Pobres, minorias, mulheres, crianças e idosos são freqüentemente os mais afetados em desastres naturais em todo o planeta. Ademais, a exposição e vulnerabilidade a desastres representam um fator importante no recrudescimento da vulnerabilidade sociodemográfica de indivíduos e populações (AVISO, 2005; DILLEY et al., 2005).

De uma maneira geral, vulnerabilidade pode ser entendida como a suscetibilidade a perigo ou dano (BRAUCH, 2005). A despeito da existência do conceito geral, de ampla aceitação, tem se dado um frutífero debate sobre uma definição mais precisa do termo dentro da comunidade internacional de pesquisa em desastres naturais. Destacamos abaixo dois autores que clarificam pontos essenciais do debate que dão suporte às escolhas metodológicas da presente proposta.

Para O’Riordan (2002), a vulnerabilidade a desastres naturais pode ser descrita como a incapacidade de uma pessoa, sociedade ou grupo populacional de evitar o perigo relacionado a catástrofes naturais ou ao fato de ser forçado a viver em tais condições de perigo. Tal situação decorre de uma combinação de processos econômicos, sociais, ambientais e políticos.

Cardona (2004), que também propõe pensar vulnerabilidade a desastres naturais em uma perspectiva abrangente, identifica três componentes principais em sua composição: fragilidade ou exposição; suscetibilidade; e falta de resiliência. Fragilidade, ou exposição, é a componente física e ambiental da vulnerabilidade, que captura em que medida um grupo populacional é suscetível de ser afetado por um fenômeno perigoso em função de sua localização em área de influência do mesmo, e devido à ausência de resistência física à sua propagação. Suscetibilidade é a componente socioeconômica e demográfica, que captura a predisposição de um grupo populacional de sofrer danos em face de um fenômeno perigoso. Tal predisposição é decorrente do grau de marginalidade, da segregação social e da fragilidade econômica às quais um deter-

minado grupo populacional se encontra submetido. Falta de resiliência é a componente comportamental, comunitária e política, que captura a capacidade de um grupo populacional submetido a um fenômeno perigoso de absorver o choque e se adaptar para voltar a um estado aceitável.

Dar concretude e operacionalidade a um conceito tão amplo como a vulnerabilidade a desastres naturais é tarefa complexa, uma vez que esta só pode ser medida ao se observar o impacto de um evento perigoso quando e onde ele ocorre, já que é específica para cada tipo de fenômeno perigoso e para cada região e grupo populacional.

Já o risco é definido pelo relatório sobre Redução do Risco de Desastres do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (UNDP, 2004, p. 98), como “o número de mortes em um evento perigoso em relação à população total exposta a tal evento”.

Partindo do pressuposto comum de que é a vulnerabilidade que explica o porquê dos diferentes níveis de risco que diferentes grupos experimentam ao serem submetidos a perigos naturais de mesma intensidade. A fórmula $R = V + P$ (risco = vulnerabilidade + perigo), bem como versões mais sofisticadas da mesma, tem sido usada em trabalhos que buscam mensurar riscos e vulnerabilidades a desastres naturais (UNDP, 2004; PEDUZZI et al., 2001; DILLEY et al., 2005; CARDONA et al., 2005).

O documento final da Conferência Mundial para a Redução de Desastres, em Kobe, 2005 (UN, 2005) chama a atenção para a necessidade de se desenvolver sistemas de indicadores de risco e vulnerabilidade nos níveis nacional e subnacional como forma de permitir aos tomadores de decisão um melhor diagnóstico das situações de risco e vulnerabilidade.

Dada a complexidade das diferentes dimensões da vulnerabilidade, mensurá-los requer a integração de um grande número de informações relacionadas a uma pluralidade de disciplinas e áreas de conhecimento. Aprender a riqueza dessas informações de forma consistente exige a produção de indicadores claros e sintéticos. Se, por um lado, os índices sintéticos possuem a clara vantagem de uma comunicação ágil, são muitas as críticas a eles dirigidas. Argumenta-se, com propriedade, que indicadores sintéticos reduzem a di-

mensão das diferenças e escondem desigualdades e heterogeneidades internas às unidades de análise. Além de serem, muitas vezes, construídos a partir de variáveis escolhidas arbitrariamente, ou em função da mera disponibilidade de dados, restringindo a sua capacidade analítica. Entretanto, em vista da força da mensagem ou do conteúdo que procuram comunicar, os índices sintéticos, ainda que imperfeitos, são indispensáveis (HERCULANO, 2000; FUNDAÇÃO SEADE, 2000). A literatura internacional, apesar de ser ainda recente, já oferece um conjunto robusto de índices sintéticos e indicadores de vulnerabilidade e risco a desastres naturais (UNDP, 2004; ADGER et al., 2004; CARDONA et al., 2005; DILLEY et al., 2005).

Este artigo tem por objetivo contribuir com o recente esforço para preencher a lacuna acima mencionada, ao comparar e avaliar iniciativas recentes de construção de metodologias de mapeamento de risco e modelos preditivos de vulnerabilidade a partir de indicadores sociodemográficos.

As três metodologias aqui analisadas se destacam tanto pelo seu rigor e capacidade de generalização quanto pelo impacto que vêm provocando na criação de uma agenda internacional de pesquisa sobre o tema. A primeira delas, desenvolvida pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, tem como principal produto um índice sintético por países de risco a desastres naturais (UNDP, 2004). A segunda metodologia, desenvolvida pelo Banco Mundial e Universidade de Columbia, NY, mapeia em escala subnacional áreas críticas de risco em todo o planeta (DILLEY et al., 2005). A terceira, desenvolvida pelo *Tyndall Centre for Climate Change Research*, Inglaterra, produziu índices preditivos de vulnerabilidade social a tais desastres em escala global (ADGER et al., 2004).

A partir da avaliação crítica, derivamos diretrizes e recomendações metodológicas para a mensuração e mapeamento do risco e da vulnerabilidade a desastres naturais relacionados à mudança climática no Brasil. Desenvolver e aplicar tais metodologias para o caso brasileiro tem dupla função.

A primeira delas é fornecer subsídios para a melhoria do planejamento de ações de prevenção e mitigação e para o direcionamento de políticas públicas voltadas à criação de resiliência social, tão necessários

em um país onde o problema é crônico. Nosso país se encontra entre os 20 maiores receptores mundiais de empréstimos para cobrir emergências relacionadas a desastres naturais (DILLEY et al., 2005). Além disso, partes importantes de nosso território – as Regiões Sul, Sudeste e Nordeste – foram consideradas pelo estudo do Banco Mundial e da Universidade de Columbia como *hotspots* globais de risco de desastres hidrológicos e de seca (DILLEY et al., 2005).

A segunda função é contribuir efetivamente para o avanço metodológico da referida área de pesquisas ao permitir o acesso a uma base de dados de riqueza excepcional. De acordo com UNDP (2004, p. 52), “bases de dados nacionais em desastres possuem boa cobertura na América Latina e no Caribe, mas são muito menos abrangentes em outras regiões do mundo”. Os dados coletados por meio do AVADAN/SINDEC (documento oficial de comunicação de desastres do Sistema Nacional de Defesa Civil) em todo o país permitem a construção de uma base de dados única. Singular por permitir resolução em escala subnacional, abranger pequenos e/ou médios eventos e trazer informações sobre resultantes diversos como mortalidade, total de pessoas afetadas, pessoas deslocadas, pessoas desabrigadas, perdas econômicas e perdas de infra-estrutura. Isso significa que trabalhar com os dados brasileiros, de qualidade muito superior àquela até então utilizada pela comunidade acadêmica internacional, permite lançar mão de metodologias mais sofisticadas e realizar exercícios de validação dos modelos preditivos. Desta forma, as diretrizes metodológicas aqui traçadas, ao serem aplicadas, têm o potencial de trazer inovações valiosas em relação aos estudos realizados até então sobre o tema.

METODOLOGIAS DE MENSURAÇÃO DE RISCOS E VULNERABILIDADE A DESASTRES RELACIONADOS À MUDANÇA CLIMÁTICA

A literatura internacional sobre risco e vulnerabilidade a desastres naturais relacionados a mudanças climáticas adotam a escala local ou nacional.

Estudos sobre vulnerabilidade na escala local foram os pioneiros e a maior parte deles tem seu foco em identificar grupos populacionais submetidos a um

alto risco em relação a desastres específicos em países em desenvolvimento. Segundo Adger et al. (2004), as análises desenvolvidas nesses estudos são restritas a contextos muito específicos, a padrões de vulnerabilidade e risco determinados, e seus resultados, em geral, não são passíveis de generalização e aplicação em outros contextos.

Nos últimos cinco anos, pesquisas foram desenvolvidas com o duplo objetivo de realizar análises generalizáveis em escala superior e de atender à demanda por abordagens mais formais no diagnóstico de risco e vulnerabilidade. Dentre elas, três se destacam por sua qualidade metodológica e pelo impacto gerado na criação de uma agenda internacional de pesquisa sobre o tema. As metodologias por elas desenvolvidas e aplicadas para mensurar risco e vulnerabilidade são descritas a seguir e analisadas no próximo item.

Dentre as três metodologias analisadas, duas declaram adotar abordagem dedutiva e, a terceira, adotar abordagem indutiva. Em abordagens indutivas, os níveis de risco e vulnerabilidade são induzidos tomando por base a identificação de relações estatísticas significativas dentre um conjunto de potenciais indicadores. Ou seja, a abordagem indutiva busca padrões estatísticos na base de dados que possam ser generalizáveis. Em abordagens dedutivas, são testadas estatisticamente hipóteses construídas a partir de pressupostos derivados de um marco teórico consistente. Ou seja, a abordagem dedutiva testa os pressupostos conceituais coletando dados apropriados e explorando as relações entre medidas que operacionalizam tais conceitos (ADGER et al., 2004; MASKEY, 1998).

A METODOLOGIA DO DRI – *DISASTER RISK REDUCTION INDEX*

O DRI – *Disaster Risk Reduction* – foi desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, UNDP, no contexto do relatório “*Reducing disaster risk: a challenge for development*” (UNDP, 2004). O objetivo central do relatório foi aperfeiçoar o entendimento das relações entre desenvolvimento e risco a desastres. Seu foco recai sobre quatro tipos de desastres naturais, três deles – ciclones tropicais, en-

chentes e secas – associados à mudança climática. Os principais aspectos da metodologia estão sumariados a seguir, com base em UNDP (2004).

O DRI é um índice de risco a desastres específicos que permite mensurar e comparar níveis relativos de exposição, vulnerabilidade e risco entre países. A escala adotada é a nacional, com cobertura global. O modelo utilizado associa variáveis demográficas, socioeconômicas e ambientais com o risco manifesto de desastres específicos. A abordagem utilizada na construção do índice é a dedutiva.

O risco a desastres naturais não é a resultante pura e simples da exposição a um evento perigoso,² e sim algo historicamente construído por meio de ações humanas e processos sociais. Em termos operacionais, o DRI está restrito ao risco de perdas de vidas humanas, ou seja, à mortalidade, excluindo outros tipos como perdas de moradias, de infra-estrutura e econômicas. A premissa adotada é que o risco pode ser entendido como o número de vítimas de eventos passados.

Embora a exposição, expressa pela população total das áreas sujeitas à ocorrência de eventos perigosos, por si só não defina o risco, é uma condição necessária para que ele ocorra.

O fator que define a magnitude do risco é a combinação entre exposição e vulnerabilidade. Esse último é conceituado como uma combinação de variáveis que tornam uma população menos hábil para absorver o impacto de um evento perigoso e se recuperar dele ou poder contribuir para o recrudescimento da frequência, severidade, extensão ou imprevisibilidade do mesmo. Tais variáveis podem ser demográficas, econômicas, sociais, técnicas ou ambientais.

A metodologia do DRI possui três passos-chave para a sua implementação. A exposição a cada evento perigoso foi calculada, com a utilização de um SIG – Software de Sistema de Informações Geográficas –, como a população média exposta ao mesmo, tanto em termos absolutos (número total de pessoas expostas em um país), quanto em termos relativos (número de expostos por milhões de habitantes).

Para o cálculo da vulnerabilidade relativa, o DRI toma como *proxy* do risco manifesto a mortalidade decorrente de ciclones tropicais, enchentes e terremotos registrados no banco de dados EM-DAT³

entre 1980 e 2000 para cada país. A vulnerabilidade relativa de um determinado evento perigoso é calculada dividindo-se o risco manifesto pela exposição. Para o cálculo dos indicadores de vulnerabilidade, o DRI testa um conjunto de 26 variáveis sociais, econômicas e ambientais, selecionadas por um painel de especialistas, por meio de modelos de regressão múltipla logarítmica. As 26 variáveis selecionadas pertencem a oito categorias, a saber: econômica, tipo de atividade econômica, dependência e qualidade do

ambiente, demográfica, saúde e saneamento, capacidade de alerta preventivo, educação, desenvolvimento. O Quadro 1 traz a relação das variáveis, organizadas por categorias.

As 26 variáveis foram convertidas em médias para o período de 21 anos analisados e transformadas em valores logarítmicos. Para cada tipo de desastre foram rodados em separado regressões lineares *stepwise* com as variáveis transformadas. A validação de cada resultado foi efetuada usando R^2 , análise de variân-

Quadro 1

Variáveis do DRI, segundo Categorias

| Categoria | Variável |
|-------------------------------------|---|
| Econômica | Produto Nacional Bruto <i>per capita</i> corrigido pela paridade de poder de compra |
| | Índice de pobreza humana |
| | Pagamentos de serviços de dívida como percentual das exportações de bens e serviços |
| | Inflação anual |
| | Desemprego (% da força de trabalho) |
| Tipo de atividade econômica | Terra arável (em milhões de hectares) |
| | % de terra arável e com culturas permanentes |
| | % de população urbana |
| | % de dependência da agricultura (em relação ao PNB total) |
| | População ocupada no setor agrícola (% do total da força de trabalho) |
| Dependência e qualidade do ambiente | Cobertura florestal (%) |
| | Degradação do solo induzida por atividades humanas |
| Demográfica | Crescimento populacional |
| | Crescimento da população urbana |
| | Densidade populacional |
| | Razão de dependência |
| Saúde e saneamento | População com acesso a água potável (total, urbana, rural) |
| | Médicos por mil habitantes |
| | Número de leitos hospitalares |
| | Expectativa de vida ao nascer para ambos os sexos |
| | Taxa de mortalidade de 0 a 5 anos |
| Capacidade de alerta preventivo | Rádios por mil habitantes |
| Educação | Taxa de analfabetismo |
| Desenvolvimento | Índice de Desenvolvimento Humano |

Fonte: UNDP (2004).

cia e análise residual detalhada. Uma vez derivado o modelo, a correspondência entre a mortalidade estimada e a mortalidade observada obtida no EM-DAT foi realizada por meio de gráficos e do coeficiente de correlação de Pearson. Os resultados do modelo permitiram a identificação de parâmetros indicativos de maior ou menor risco, mas não podem ser considerados como modelos preditivos.

A modelagem de indicadores de vulnerabilidade para enchentes indicou como parâmetros mais significativos: exposição, densidade populacional e PNB *per capita*. A regressão explica parte considerável da variância e o modelo estimado para 90 países é robusto, com $R^2 = 0,70$ associado a um *p-value* altamente significativo. Já a modelagem de indicadores de vulnerabilidade para ciclones tropicais indicou como parâmetros mais significativos: exposição, Índice de Desenvolvimento Humano e percentual de terra arável. A regressão explica parte considerável da variância e o modelo estimado para 32 países é robusto, com $R^2 = 0,863$.

O grau de precisão e sensibilidade dos indicadores e a qualidade dos dados utilizados não permitem a aplicação direta dos mesmos para a construção de um *ranking* de países. Por esta razão, para comparar os países entre si, foi estimado um modelo de risco múltiplo, adicionando a mortalidade esperada para cada tipo de evento perigoso para cada país. O método *Boolean* foi utilizado para alocar cada país em uma das cinco categorias estatísticas de risco múltiplo. Os resultados da alocação booleana foram validados pela comparação com os dados obtidos ao se aplicar uma análise de *cluster* à mortalidade total registrada para cada país.⁴

A METODOLOGIA DO PROJETO HOTSPOTS

O projeto “*Natural Disaster Hotspots: a Global Risk Analysis*”, aqui denominado *Hotspots*, foi desenvolvido pela associação entre o Banco Mundial, a Universidade de Columbia e o *ProVention Consortium* e concluído em 2005. Resumimos abaixo os principais aspectos da metodologia com base em Dilley et al. (2005).

O projeto *Hotspots* mapeia áreas críticas de risco a múltiplos desastres naturais em escala subnacional com cobertura global. A abordagem utilizada é a in-

ditiva. São mapeados riscos associados a dois tipos de resultantes de desastres, a saber, mortalidade e perdas econômicas. O foco se dá sobre seis tipos de desastres naturais, dos quais quatro estão relacionados à mudança climática – enchentes, deslizamentos, secas e ciclones tropicais.

A unidade espacial de análise utilizada são as células espaciais do *Gridded Population of the World* – GPW, (CIESIN et al., 2004). O GPW transformou dados de população provenientes de censos demográficos em células, ou *grids*, regulares de 2,5' x 2,5' de latitude-longitude. Para o projeto *Hotspots* foi construída uma máscara que excluiu aquelas células com densidade populacional inferior a cinco pessoas por quilômetro quadrado ou sem qualquer atividade agrícola significativa.

Na concepção adotada pelo projeto, as diferenças no espaço observadas nas resultantes dos desastres ocorrem em função da densidade populacional, do tamanho das áreas afetadas, do grau de intensidade atingido pelo evento perigoso e das diferenças de vulnerabilidade. Devido às restrições impostas pela base de dados utilizada, os autores alertam para o fato de que os resultados obtidos permitem a identificação de áreas de alto risco relativo para desastres particulares, mas não são adequados para um diagnóstico de níveis absolutos de risco ou para comparações detalhadas de padrões de risco entre diferentes tipos de desastres.

A metodologia do *Hotspots* possui oito passos-chave, aqui descritos para o cálculo de risco de mortalidade por desastres. Metodologia semelhante foi aplicada no mapeamento do risco de perdas econômicas.

O primeiro passo foi a extração da mortalidade total global por tipo de evento perigoso para o período 1981-2000. No segundo, com o uso de um SIG, estimou-se a população total de 2000 para cada célula espacial na qual ocorreu um evento perigoso. A seguir, calculou-se a taxa de mortalidade referência para cada tipo de evento perigoso. Ou seja, a mortalidade total global de cada tipo de evento perigoso dividida pelo somatório da população estimada em todas as áreas onde houve a ocorrência de cada tipo de evento perigoso.

Efetivamente, em separado, o cálculo da taxa de mortalidade referência específica para cada uma das

células espaciais e para cada um dos tipos de eventos perigosos. Como quinto passo, ponderou-se as taxas de mortalidade referência específicas com um coeficiente de vulnerabilidade. O referido coeficiente foi calculado a partir de combinações de graus de riqueza relativa por países/regiões.

A seguir, a taxa de mortalidade referência específica obtida no passo anterior foi ponderada pelo grau de severidade do evento perigoso. Considerou-se como medida de severidade o número de vezes que cada célula espacial foi atingida por evento perigoso específico. Em seguida, deflacionou-se de forma a obter uma mortalidade total para cada célula espacial idêntica àquela registrada no EM-DAT.

No passo sete, calculou-se o índice de risco múltiplo por meio do somatório das taxas de mortalidades ajustadas dos seis tipos de eventos perigosos para cada célula espacial. Uma vez que o objetivo é fornecer uma medida relativa de risco, o último passo foi converter o resultado anterior em um índice compreendido entre 1 e 10, dividindo o número total de células espaciais em decis, tomando por base os valores dos indicadores de risco para cada tipo de evento perigoso. Tomou-se como medida relativa adotada na definição das áreas críticas (*hotspots*) a presença de uma célula espacial nos três decis superiores (8º ao 10º), tanto para cada evento perigoso em separado quanto uma combinação deles que mostra áreas críticas de risco múltiplo.⁵

A METODOLOGIA DOS INDICADORES DE VULNERABILIDADE DO *TYNDALL CENTRE*

O projeto “*New indicators of vulnerability and adaptive capacity*” foi desenvolvido no *Tyndall Centre for Climate Change* da Universidade de East Anglia. O projeto compara níveis de risco e vulnerabilidade de populações e regiões a desastres associados a mudanças climáticas. Resumimos abaixo os principais aspectos da metodologia com base em Adger et al. (2004).

A metodologia do projeto adota a escala nacional e possui cobertura global. A abordagem utilizada é a dedutiva. O principal esforço efetuado foi o de desenvolver e avaliar uma base de dados de indicadores de vulnerabilidade a mudanças climáticas. A construção

de indicadores de vulnerabilidade teve por objetivo identificar pontos fracos nos quais é necessária intervenção para reduzir a possibilidade e intensidade da ocorrência de efeitos adversos resultantes de desastres futuros associados a variações e mudanças climáticas.

O foco recai sobre dez tipos de desastres associados à mudança climática, a saber: secas, enchentes, epidemias, temperaturas extremas, fomes, infestação por insetos, deslizamentos, incêndio florestal, tempestades de vento e *wave and surge*. Cabe ressaltar que foram removidos da base de dados eventos específicos não relacionados a mudanças climáticas.

A metodologia do projeto possui três passos-chave: construção de um marco conceitual; cálculo de indicadores de risco; e desenvolvimento de indicadores preditivos de vulnerabilidade.

A construção do marco teórico de referência do projeto foi realizada combinando revisão bibliográfica e discussões com especialistas. O principal objetivo dessa etapa foi conciliar diferentes visões e definições de risco, vulnerabilidade e capacidade de adaptação existentes entre a literatura sobre mudanças climáticas e desastres naturais.

O conceito de vulnerabilidade biofísica, proveniente da literatura sobre mudança climática e expresso em termos de danos causados, foi conciliado com o conceito de riscos manifestos, advindo da literatura sobre desastres naturais e expresso em termos de probabilidades. Com isso, a vulnerabilidade biofísica, ou risco, é representada no âmbito do projeto como sendo uma função do evento perigoso e da vulnerabilidade social, e pode ser medida por indicadores de resultantes de desastres associados com mudanças climáticas em períodos determinados. A mensuração do evento perigoso, por sua vez, é baseada na frequência projetada ou observada de um tipo específico de desastre, em uma escala de intensidade estabelecida em valores de média ou pico. Já a vulnerabilidade social pode ser mensurada como sendo a parte dos fatores explicativos da função de vulnerabilidade biofísica que não se refere ao evento perigoso.

Um outro objetivo nessa etapa foi discutir as relações teóricas entre o conceito de vulnerabilidade biofísica e diferentes categorias de indicadores sociais

relacionados à vulnerabilidade social, de forma a fornecer uma base teórica para a seleção preliminar das *proxies* de vulnerabilidade.

Para o cálculo dos indicadores de risco foram usados dados do EM-DAT. Tais indicadores mostram resultantes de desastres com componentes climáticas. Uma investigação sobre a confiabilidade da cobertura foi realizada antes do cálculo dos indicadores propriamente ditos confirmando a pertinência da utilização das informações do EM-DAT nos períodos 1971-1980, 1981-1990 e 1991-1992. Foram calculados cinco indicadores diferentes: somatório de afetados e mortos como percentual da população total; mortalidade em números absolutos; mortalidade como percentual da população nacional; razão entre mortos e total de afetados calculada a partir do somatório de todos os eventos perigosos; razão entre mortos e afetados calculada a partir das médias das razões de cada evento perigoso.

O desenvolvimento de indicadores preditivos de vulnerabilidade foi realizado em quatro etapas. A primeira baseou-se na construção teórica de *proxies* de vulnerabilidade, apoiada na primeira etapa de construção do marco teórico e em consulta a um painel de especialistas. A segunda consistiu na aplicação de uma série de testes estatísticos para seleção das *proxies*. A terceira etapa validou as *proxies* selecionadas estatisticamente por meio de um grupo focal com especialistas. Na quarta, deu-se a construção propriamente dita dos indicadores. As *proxies* selecionadas, referentes a nove grupos, estão descritas no Quadro 2.

Para a seleção estatística das *proxies* foi realizado teste de correlação entre um indicador de risco, mortalidade por década para o conjunto de eventos perigosos, e as *proxies* selecionadas. Nesta etapa, foram escolhidas as variáveis coeficiente de correlação significativo que apresentaram valor da estatística *p* menor que 10%. Os resultados da seleção sugerem que os indicadores relativos aos grupos saúde, educação e governança oferecem um diagnóstico razoável da vulnerabilidade a desastres climáticos, pelo menos no que se refere a suas resultantes de mortalidade.

Dentre as *proxies* iniciais, 11 foram selecionadas estatisticamente, validadas pelos especialistas e usadas na composição do índice de vulnerabilidade. O pri-

meiro passo no cálculo do índice foi extrair os valores dos quintis de cada uma das 11 *proxies*. Para aquelas com correlação positiva com o indicador de risco, aos países do quintil mais baixo, foi atribuída a nota 1 e para os países no quintil superior a nota 5. Quando a correlação entre o indicador e a *proxy* de vulnerabilidade era inversa, o sistema de atribuição das notas inverteu-se. Calculou-se então uma média simples das notas nas 11 *proxies* para cada país.

AVALIAÇÃO DAS METODOLOGIAS

Este item tem por objetivo avaliar as metodologias descritas no item anterior. Contudo, antes de proceder à avaliação propriamente dita, cabe apresentar no Quadro 3 uma breve comparação de aspectos chave das referidas metodologias.

De modo geral, as três metodologias, apesar de sua alta qualidade, possuem limitações importantes, derivadas tanto de seu pioneirismo quanto da qualidade do banco de dados que utilizam. Reunimos tais limitações em quatro blocos, a saber, aquelas relacionadas a questões demográficas, as derivadas da utilização de dados agregados na escala nacional, aquelas derivadas da cobertura e confiabilidade da base de dados e as relacionadas ao uso das abordagens indutiva e dedutiva.

Em relação à questão demográfica, salta aos olhos a sub-representação de variáveis demográficas nos modelos das abordagens dedutivas. Mesmo no DRI, que incorpora maior número de variáveis demográficas, que estão limitadas à densidade populacional, crescimento populacional e razão de dependência. Tal sub-representação é um forte indício de que o marco teórico que suporta a construção dos dois modelos não incorpora a dimensão demográfica da vulnerabilidade humana de forma suficiente. O poder explicativo de indicadores de crescimento populacional é bastante limitado, em especial no caso de países que enfrentam novos desafios demográficos, como os do crescimento zero ou negativo. Já a inclusão dos indicadores de densidade populacional foi bastante adequada, pois estes possuem um poder explicativo forte em relação à vulnerabilidade, o que foi comprovado tanto pelos testes estatísticos realizados nos estudos aqui avaliados quanto em outros trabalhos baseados em estudos de caso (AVISO, 2005).

Quadro 2
Variáveis dos Indicadores de Vulnerabilidade Tyandall Centre, segundo Categorias

| Categoria | Variável |
|---|---|
| Bem-estar econômico | PNB <i>per capita</i> Índice de Gini Pagamentos de serviços de dívida como percentual do PNB |
| Saúde e nutrição | Despesas com saúde <i>per capita</i> (em dólares corrigidos pela paridade de poder de compra ou como % do PNB) Expectativa de vida ajustada por invalidez (DALE) Consumo calórico <i>per capita</i> % de adultos infectados por AIDS/HIV |
| Educação | Gastos com educação (como % do total de gastos públicos ou como % do PNB) Taxa de alfabetização (população acima de 15 anos) |
| Infra-estrutura física | Estradas (km/área habitada) População sem acesso a saneamento (%) População rural sem acesso a água potável (%) |
| Instituições, governança, conflito e capital social | Refugiados (% da população) Controle da corrupção Efetividade do governo Estabilidade política Qualidade regulatória Aplicabilidade da legislação Transparência |
| Fatores demográficos e geográficos | Densidade populacional Quilômetros de linha costeira (ponderado pela área não costeira) População residente até 100 km de distância da linha costeira |
| Dependência agrícola | População ocupada no setor agrícola (% do total da população) População rural (% da população total) Exportações agrícolas (% do PNB) |
| Recursos naturais e ecossistemas | Área protegida Percentual de cobertura florestal Recursos hídricos <i>per capita</i> Águas subterrâneas <i>per capita</i> Área não povoada (%) Taxa de conversão florestal (% anual) |
| Capacidade técnica | Investimento em P&D (% PNB) Cientista e engenheiros em P&D por milhões de habitantes População ocupada no setor terciário |

Fonte: Adger et al. (2004).

Consideramos também bastante adequada a inclusão de indicadores de razão de dependência, pois estes são uma *proxy* adequada da presença de famílias com um alto número de crianças ou idosos, em condições precárias para se defender e readaptar quando atingidas por desastres, em relação ao número de adultos, aspecto importante na determinação das componentes suscetibilidade e falta de resiliência da vulnerabilidade. Uma incorporação

Duas das metodologias aqui avaliadas utilizam exclusivamente dados agregados na escala nacional. A *Hotspots*, que adota a escala subnacional, usa dados agregados na escala nacional em um passo-chave: o cálculo dos coeficientes de vulnerabilidade que ponderam os indicadores de risco. Com isso, as especificidades subnacionais são captadas apenas em relação aos eventos perigosos e aos elementos em risco, ficando invisíveis no que se refere à vulnerabilidade.

Adger et al. (2004), que utilizam dados agregados em escala nacional, chamam a atenção para as limitações advindas de tal procedimento, ilustrando com o caso do PNB. Segundo eles, esta variável, usada como *proxy* de importância chave nos três estudos mencionados, não é representativa para países com distribuição de riqueza desigual.⁶ O mesmo ocorre com outras variáveis socioeconômicas e demográficas em países dotados de heterogeneidades significativas.

Uma importante limitação mencionada nos relatórios científicos dos três estudos aqui avaliados diz respeito à confiabilidade, amplitude e cobertura das bases de dados que utilizam. É consensual a constatação de que dados globais confiáveis em relação aos resultantes de desastres se limitam aos dados de mortalidade e que outros indicadores de risco se fariam necessários para que análises mais aprofundadas pudessem ser efetuadas. Isto porque muitos desastres causam impactos sociais

e econômicos muito sérios sem produzir mortalidade relevante. Também há um consenso na demanda por dados sobre eventos perigosos e exposição aos mesmos de melhor resolução espacial. Uma terceira limitação das bases de dados se refere à baixa disponibilidade de in-

Quadro 3

Comparação das Metodologias

| | DRI | Hotspots | Tyndall Centre |
|--|---|--|---|
| Abordagem | Dedutiva | Indutiva | Dedutiva |
| Escala | Nacional | Subnacional | Nacional |
| Cobertura | Global | Global | Global |
| Elemento em Risco | População | População e Produto Doméstico Bruto | População |
| Eventos Perigosos Relacionados a Mudanças Climáticas | Enchentes, seca, ciclones tropicais | Enchentes, secas, deslizamentos e ciclones tropicais | Secas, enchentes, epidemias, fomes temperaturas extremas, infestação por insetos, deslizamentos, incêndio florestal, tempestades de vento e <i>wave and surge</i> |
| Variáveis Demográficas Incorporadas | Crescimento populacional, crescimento da população urbana, densidade populacional, razão de dependência | Densidade populacional | Densidade populacional |
| <i>Proxy</i> de Risco | Mortalidade | Mortalidade e perdas econômicas | Mortalidade e afetados |

Fonte: Elaboração própria a partir de informações de Adger et al. (2004), Dilley et al. (2005) e UNDP (2004).

mais consistente da dimensão demográfica, que poderia ter sido feita por meio da inclusão de especialistas em demografia nos painéis de consultores, levaria à inclusão no modelo de aspectos cruciais tais como estrutura domiciliar e migração.

formações sobre desastres de pequeno e médio portes, uma vez que as bases globais existentes cobrem apenas desastres grandes e médios para grandes⁷ (ADGER et al., 2004; UNDP, 2004; DILLEY et al., 2005).

A forma de utilização da abordagem indutiva ou dedutiva também é ponto que merece ser avaliado. Adger et al. (2004) chamam a atenção para este ponto ao afirmarem que muitos estudos sobre vulnerabilidade não adotam consistentemente nem uma nem outra abordagem, e sim uma mistura pouco clara de ambas.

Segundo Lonergan (1999), uma aplicação consistente da abordagem dedutiva requer uma discussão aprofundada das categorias teóricas fundamentais como risco e vulnerabilidade e a subsequente ligação, estreita e transparente, entre tal teoria e as escolhas feitas em relação às *proxies* e indicadores. Também requer que métodos estatísticos sejam aplicados como meio de comprovação das hipóteses e não como ferramenta central. Já uma aplicação consistente da abordagem indutiva requer que a aplicação de métodos estatísticos capazes de identificar padrões generalizáveis e que os pressupostos teóricos sejam flexíveis o suficiente para permitir a manifestação de tais padrões.

Em nossa avaliação, as metodologias do *Hotspots* e do *Tyndall Centre* são coerentes com a abordagem escolhida.

Na metodologia dos *Hotspots*, a escolha de um coeficiente de vulnerabilidade de caráter muito genérico e os agrupamentos de países/regiões por graus de riqueza relativa permitem que os padrões de risco se manifestem pelo tratamento estatístico dos dados, não trazendo pressupostos fortes que possam enviesar os resultados.

A metodologia do *Tyndall Centre* dá grande destaque ao primeiro passo, a construção do marco teórico, e faz relações explícitas com ele no decorrer dos outros passos metodológicos. As ferramentas estatísticas empregadas são simples o suficiente para cumprir seu papel auxiliar de comprovação dos pressupostos. Além disso, os resultados obtidos são validados com a aplicação de uma técnica de grupo focal com especialistas.

Já a metodologia do DRI é menos consistente na aplicação da abordagem escolhida. Ao modelar os indicadores de vulnerabilidade, a metodologia do DRI relaxa pressupostos teóricos construídos anteriormente em prol da utilização de metodologia estatística mais so-

fisticada, perdendo um pouco de seu caráter dedutivo. Tal opção se reflete nos resultados finais, com a seleção de indicadores de vulnerabilidade por demais genéricos, não específicos para o caso de desastres naturais e com fraca capacidade de explicação do ponto de vista teórico, como o PNB *per capita*, o Índice de Desenvolvimento Humano e a densidade populacional.

A GUIA DE CONCLUSÃO: SUGESTÕES METODOLÓGICAS PARA CONSTRUÇÃO DE INDICADORES DE VULNERABILIDADE NO BRASIL

A partir das avaliações realizadas anteriormente, traçamos diretrizes e recomendações metodológicas para a mensuração e mapeamento do risco e vulnerabilidade a desastres naturais relacionados à mudança climática no Brasil. O objetivo é indicar procedimentos que possam incorporar os acertos e superar as limitações metodológicas identificadas nos estudos internacionais.

A realização de estudos em escalas intermediárias, como a subnacional, é de importância primordial para superar as limitações de escala verificadas nos estudos internacionais. Também são importantes para comprovar a validade das hipóteses e a capacidade de generalização dos resultados obtidos por metodologias que adotam a escala nacional.

Um passo importante nessa direção já foi dado no Brasil pela Escola Nacional de Saúde Pública da Fiocruz, em estudo recente que cria um indicador de suscetibilidade dos estados brasileiros às mudanças climáticas na área da saúde⁸. Tal indicador combina três índices: vulnerabilidade socioeconômica, vulnerabilidade epidemiológica e vulnerabilidade climatológica.

Entretanto, devido à heterogeneidade interna dos estados brasileiros, tanto no que se refere à vulnerabilidade quanto à exposição a desastres naturais, estudos com abrangência estadual ainda estão sujeitos às limitações de escala descritas no item anterior. Desta forma, sugere-se a realização de trabalhos em âmbito microrregional, os quais seriam capazes de produzir resultados mais precisos e identificar padrões de distribuição espacial do risco e da vulnerabilidade internos aos estados da federação. Uma diretriz adicional em relação ao aspecto da escala seria a utilização exclusiva de dados com menor abrangência espacial em todos os passos metodológicos.

Para operacionalizar tal diretriz, uma possibilidade seria a adoção das áreas de ponderação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) como unidade espacial de análise (unidade geográfica), convertendo-se todo o banco de dados para esta unidade pela utilização de um SIG. Áreas de ponderação são agregados de setores censitários para os quais o boletim da amostra do Censo 2000 está disponível.

No caso brasileiro é também possível superar as limitações referentes à confiabilidade, amplitude e cobertura das bases de dados, utilizando bases de dados nacionais de desastres, mais ricas e confiáveis que as bases de dados globais.

Para a construção de *proxies* confiáveis de risco manifesto e vulnerabilidade relativa, sugerimos a utilização de dados oriundos do AVADAN/SINDEC (documento oficial de comunicação de desastres do Sistema Nacional de Defesa Civil). Esta fonte traz dados sobre pequenos e/ou médios eventos, o que superaria as limitações dos estudos internacionais de cobertura restrita a eventos grandes. O AVADAN também traz informações sobre outros resultantes além da mortalidade, tais como total de pessoas afetadas, pessoas desalojadas e desabrigadas, perdas de infra-estrutura urbana e de infra-estrutura de serviços de saúde e educação. Apesar das vantagens advindas da riqueza de informações, o AVADAN possui um inconveniente em relação à cobertura temporal, pois passou a ser de adoção obrigatória em âmbito nacional apenas a partir de 2000. Entretanto, para períodos anteriores, pode-se recorrer a dados advindos de arquivos das secretarias estaduais de defesa civil, tomando-se o cuidado de validar a extrapolação da amostra testando sua amplitude com base em fontes de informação complementares, tais como arquivos da imprensa e arquivos municipais.

Para a construção de *proxies* confiáveis de vulnerabilidade humana, sugerimos a utilização de bases de dados como a Pesquisa Nacional por Amostragem Domiciliar (PNAD), a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) e o sistema de informações do Sistema Único de Saúde (DataSUS), dentre outros. A PNAD traz dados sobre características gerais da população, migração, educação, trabalho, família e domicílios e rendimentos, para a escala estadual. A POF disponibi-

liza informações sobre despesas e rendimentos familiares, aquisição alimentar *per capita* e avaliação subjetiva de condições de vida, também na escala estadual. O DataSUS traz informações detalhadas sobre morbidade e mortalidade na escala municipal. Tais bases de dados são mais atualizadas que o censo e podem ter seus resultados extrapolados para o universo da população e estimados para as unidades espaciais a partir de técnicas estatísticas de extrapolação e estimação usando dados dos Censos demográficos.

No que se refere às *proxies* de exposição, dados provenientes do AVADAN/SINDEC poderão ser complementados por informações produzidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), bem como por resultantes de modelos teóricos produzidos por institutos de pesquisa internacionais como o *International Research Institute (IRI)*, da Universidade de Columbia, para secas, e o *Dartmouth Flood Observatory*, para enchentes. Trabalhos acadêmicos referentes a outros tipos de desastres naturais, como tornados (NASCIMENTO; MARCELINO, 2005; MARCELINO, 2003), por exemplo, poderão também ser utilizados no cálculo das *proxies* de exposição. No que se refere à aplicação das abordagens dedutiva e indutiva, uma possibilidade muito promissora seria aplicar a uma mesma região, tendo por base o mesmo banco de dados, ambas as abordagens de forma criteriosa e em separado, comparando os resultados.

Para a aplicação da abordagem indutiva, a diretriz aqui sugerida é tomar como ponto de partida a metodologia de Dillely et al. (2005), alterando-a em um ponto-chave. Os indicadores referentes aos agrupamentos de países-renda usados para calcular os coeficientes de vulnerabilidade devem ser substituídos por indicadores referentes a zonas de vulnerabilidade social. As zonas de vulnerabilidade social podem ser construídas aplicando análise de agrupamento (*cluster*) a um conjunto de indicadores socioeconômicos e demográficos que apresentem correlações estatísticas relevantes com a vulnerabilidade relativa.

Na aplicação da abordagem dedutiva, nossa diretriz é estimar funções de probabilidade de perda de vidas humanas, perda temporária de moradia e perda permanente de moradia, quando populações que respondem a determinados graus de vulnerabilidade social são ex-

postas a eventos perigosos em determinados intervalos de intensidade. Os diferentes graus de vulnerabilidade social poderão ser calculados com base nos resultados obtidos por Adger et al. (2004), tomando o cuidado de adaptá-los à escala subnacional por meio de um painel de especialistas. Os intervalos de intensidade dos eventos perigosos poderão ser calculados seguindo a metodologia de Ordaz e Yamin (2004). As funções podem ser estimadas usando modelos de regressão múltipla e/ou modelos de regressão linear com estrutura de dependência espacial.

Sugerimos aqui duas diretrizes metodológicas adicionais, as quais iriam tornar os resultados mais confiáveis e precisos. A primeira se refere ao teste da validade dos modelos dedutivos pela sobreposição, por meio de SIG, dos mapas de risco estimado com os de risco manifesto, o que não foi realizado em nenhum dos estudos aqui avaliados. A segunda seria incorporar aos modelos de regressão linear, uma estrutura de dependência espacial que permita a avaliação de quais variáveis significativas do modelo são mais importantes para explicar padrões espaciais de comportamento da vulnerabilidade, o que também não foi efetuado em nenhum dos estudos apresentados.

Sugere-se também adotar na consulta ao painel de especialistas o método *budget allocation scheme*, segundo o qual se atribui a especialistas um *budget* de, por exemplo, 100 pontos, a serem alocados aos indicadores pré-selecionados de acordo com o seu julgamento sobre a

relevância de cada um em traduzir o fenômeno para o qual se deseja construir a *proxy* (ESI, 2005).

No que se refere à incorporação mais consistente da dimensão demográfica, isto poderia se dar pela inclusão de indicadores relativos à estrutura domiciliar e migração. A componente demográfica estrutura domiciliar pode explicar grande parte das diferenças observadas nas resultantes de desastres em populações com indicadores socioeconômicos semelhantes e graus de exposição similares a eventos perigosos. Por exemplo, AVISO (2005) explicitamente menciona que famílias chefiadas por mulheres, as mais pobres entre os pobres em escala mundial, são aquelas mais atingidas em desastres diversos em todo o mundo. Outros exemplos de variáveis relativas à estrutura domiciliar que poderiam explicar componentes importantes da vulnerabilidade seriam famílias chefiadas por desempregados e famílias residentes em moradias subnormais e/ou ilegais. No que se refere à migração, a incorporação desta dimensão poderia trazer à tona a existência de grupos populacionais muito vulneráveis em países onde a componente suscetibilidade da vulnerabilidade é baixa em função dos valores médios dos indicadores socioeconômicos. Este é o caso de imigrantes internacionais, como os latinos nos Estados Unidos ou os africanos e árabes na Europa, e de imigrantes domésticos em países com alta desigualdade regional, como os imigrantes brasileiros provenientes de regiões economicamente deprimidas e empobrecidas.

Notas

1. Dentre os desastres mencionados, apenas os terremotos não são relacionados à mudança climática.
2. Traduzimos o termo em inglês “hazard” como evento perigoso. Outros trabalhos adotam nomenclaturas diferentes.
3. O EM-DATA é um banco de dados internacional sobre desastres naturais mantido pelo Centro Internacional de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres, em Bruxelas. Contém informações sobre a localização dos desastres, tipo, mortalidade resultante e, para alguns casos, estimativas de perdas econômicas resultantes. O banco de dados registra apenas desastres de porte médio-grande, definidos como aqueles com mais de dez mortes e/ou pedido de ajuda internacional. O EM-DAT é o único banco de dados internacional sobre desastres de domínio público e pode ser acessado em <<http://www.cred.be>>.
4. Para melhor compreensão, ver mapa sobre a espacialização dos resultados para os casos das enchentes:

<http://www.undp.org/bcpr/disred/documents/publications/rdr/english/rdr_english.pdf>.

5. Para visualizar a espacialização dos resultados dos indicadores de risco para enchentes e secas, ver : <http://www.earthscape.org/r1/ES16433/natural_disaster_hotspots.pdf>.
6. Nesses casos, grupos populacionais pobres, mais vulneráveis a desastres, terão seu risco subestimado. Esse pode ser o caso mesmo para um país com alto PNB, como os Estados Unidos, exemplo demonstrado claramente pela recente tragédia do Furacão Katrina.
7. UNDP (2004) define como evento de porte grande ou médio para grande aquele que envolve mais de dez mortes e/ou pedido de ajuda internacional.
8. O referido estudo não foi analisado neste artigo, uma vez que não tivemos acesso à publicação acadêmica do referido projeto, e sim apenas a artigo com resultados resumidos (FAPESP, 2006).

Referências Bibliográficas

- ADGER, N.; BROOKS, N.; BENTHAM, G.; AGNEW, M.; ERIKSEN, S. *New indicators of vulnerability and adaptive capacity*. Norwich: Tyndall Centre for Climate Change Research Technical Report, n. 7, 2004.
- AVISO. Information Bulletin on Global Environmental Change and Human Security. n. 14, Oct. 2005.
- BRAUCH, H.G. Treats, challenges, vulnerabilities and risks in environmental and human security. Bonn: SOURCE (Studies of the University: research, counsel, education)/UNU-EHS, n. 1, 2005.
- CARDONA, O.D. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. In: BANKOFF, G.; FRERKS, G.; HILHORST, D. (Eds.). *Mapping vulnerability: disasters, development, and people*. London: Earthscan Publications, 2004. p. 37-51.
- CARDONA O. D. et al. System of indicators for disaster risk management: main technical report. Manizales – Washington: Instituto de Estudios Ambientales Universidad Nacional de Colombia / Inter-American Development Bank, 2005.
- CIESIN. Gridded Population of the World (GPW). Version 3 (beta). Palisades, NY: CIESIN, Columbia University, 2004. Disponível em: <<http://beta.sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/>>.
- DILLEY, M.R.S.; CHEN, B.; DEICHMANN, U.; LERNER-LAM, A.; ARNOLD, M. *Natural disaster hotspots: a global risk analysis*. Washington: World Bank Publications, 2005.
- ESI. Environmental Sustainability Index 2005. Disponível em: <<http://www.ciesin.columbia.edu/indicators>>.
- FAPESP. *Pesquisa Fapesp*. Flancos Vulneráveis. São Paulo, n. 121, mar. 2006.
- FUNDAÇÃO SEADE. *Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPV/S*. São Paulo: 2000.
- HERCULANO, S. A qualidade de vida e seus indicadores. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, Unicamp, ano 1, n. 2, 1. sem. 1998.
- LONERGAN, S. Global environmental change and human security: Science Plan. International Human Dimensions Programme (IHDP) *Report n. 11*, Bonn, Germany, 1999.
- MARCELINO, I.P.V.O. *Análise de episódios de tornado em Santa Catarina: caracterização sinótica e mineração de dados*. 2003. 223 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.
- MASKEY, A. *Navegando entre brumas: la aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina*. Ciudad de Panamá: Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina, 1998.
- NASCIMENTO, E. L. e MARCELINO, I. P.V. O. Análise preliminar dos tornados de 3 de janeiro de 2005 em Criciúma/SC. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*, v. 29, n. 1. mar. 2005.
- ORDAZ, M. G. e YAMIN, L. E. *Eventos máximos considerados (EMC) y estimación de pérdidas probables para el cálculo del índice de déficit por desastre (IDD) en doce países de las Américas*. Colombia, IDB/IDEA Program of Indicators for Risk Management, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 2004. Disponível em: <<http://idea.unalmz.edu.co>>.
- O’RIORDAN, T. Precautionary Principle. In: TOLBA, M.K. (Ed.). *Encyclopedia of Global Environmental Change*. Chichester, UK: John Wiley, 2002. v. 4.
- PEDUZZI, P.; DAO, H.; HEROLD, C.; ROCHETTE, D. *Feasibility report on global risk and vulnerability index – trends per year (GRAVITY) for UNDP/ERD*. Geneva: UNEP/DEWA/GRID, June 2001.
- UN. *World Conference on Disaster Reduction*. Kobe: UNGA; jan. 2005.
- UNDP. *Reducing disaster risk: a challenge for development, a global report*. UNDP Bureau for Crisis Prevention and Recovery. New York: UNDP, 2004.

TANIA MOREIRA BRAGA

Doutora em Economia Aplicada, Professora do Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades da Universidade Cândido Mendes – UCAM/Campos
(taniabrg@fastmail.fm)

ELZIRA LUCIA DE OLIVEIRA

Doutora em Demografia, Professora do Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades da Universidade Cândido Mendes – UCAM/Campos
(elziralucia@terra.com.br)

GUSTAVO HENRIQUE NAVES GIVISIEZ

Doutor em Demografia, Professor do Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades da Universidade Cândido Mendes – UCAM/Campos
(ghnaves@terra.com.br)

Artigo recebido em 9 de janeiro de 2006.

Aprovado em 17 de abril de 2006.

Como citar o artigo:

BRAGA, T.M.; OLIVEIRA, E.L.; GIVISIEZ, G.H.N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. *São Paulo em Perspectiva*, São Paulo, Fundação Seade, v. 20, n. 1, p. 81-95, jan./mar. 2006. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br>>; <<http://www.scielo.br>>.