

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DA MICRORREGIÃO DE ITAJUBÁ POR MEIO DO IVG COM VISTAS À MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS PELAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

LUIZ HENRIQUE TIBÚRCIO¹; MARCELO DE PAULA CORRÊA²

Introdução

Mudanças climáticas globais recentemente se tornaram um dos assuntos mais discutidos pela comunidade científica internacional, principalmente em função das profundas implicações ambientais, econômicas, políticas e sociais decorrentes do tema. A preocupação com essa questão pode ser atestada pelos inúmeros estudos publicados nos últimos anos abordando os impactos e consequências da mudança do clima, as principais vulnerabilidades associadas e as possíveis formas de minimização e adaptação aos cenários decorrentes. (PACHAURI, 2010)

O Brasil publicou em 2008 o Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC (BRASIL, 2008) – que reúne as ações que o país pretende colocar em prática para combater às mudanças climáticas e criar condições internas para o enfrentamento de suas consequências. Entre os objetivos desse plano, destaca-se o de “fortalecer ações intersetoriais voltadas para a redução das vulnerabilidades das populações”, onde se reconhece que os efeitos das mudanças climáticas sobre a população têm origem multicausal e que sua análise deve ser feita de forma integrada e interdisciplinar. Deste modo, os riscos associados às mudanças do clima não podem ser avaliados separadamente dos contextos cultural, econômico e social de uma população; ao contrário, são justamente essas condições que influenciarão suas respostas aos impactos das mudanças climáticas. É dessa interação entre as condições ambientais e sociais que surge o conceito de vulnerabilidade. Blaikie et al.(1994, p. 9) definem vulnerabilidade aos efeitos do clima como “o conjunto de características de uma pessoa ou grupo em relação a sua capacidade de antecipar, lidar com, resistir e recuperar-se

¹ Analista Ambiental da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Endereço para correspondência: Rua Dr. Pereira Cabral, 1586 - CEP: 37500-048, Itajubá/MG.

² Instituto de Recursos Naturais - Universidade Federal de Itajubá. Endereço para correspondência: Av. BPS, 1303 - CEP 37500-903, Itajubá/MG.

dos impactos dos perigos naturais”. De modo mais simples, Ayoade (2004, p. 288) define vulnerabilidade climática como “a medida pela qual uma sociedade é suscetível de sofrer por causas climáticas”. Esses conceitos têm em comum o fato de estarem relacionados às características intrínsecas de uma dada população e, apesar de serem facilmente compreensíveis, referem-se a atributos que não podem ser medidos diretamente. Dessa impossibilidade decorre a necessidade de identificar variáveis ou indicadores para uso em modelagem ou observação.

Moss, Brenkert e Malone (2001) apontam que, no âmbito da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), indicadores de vulnerabilidade têm sido utilizados não apenas para determinar até que ponto as mudanças climáticas podem ser “perigosas”, mas também para identificar os países ou grupos que são especialmente vulneráveis. Identificar esses países ou grupos auxilia a alocação de receitas no mecanismo de desenvolvimento limpo, um mecanismo de mercado que determina que cada tonelada de CO₂ não emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento poderá ser negociada no mercado mundial, criando um novo atrativo para a redução das emissões globais. No Brasil, o Ministério de Ciência e Tecnologia publicou em 2005 um relatório com o resultado de três anos de pesquisas executadas pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Tal pesquisa investigou a vulnerabilidade socioambiental da população brasileira quando submetida a eventos climáticos extremos e às endemias sensíveis às oscilações climáticas. O relatório introduziu uma nova metodologia para avaliação quantitativa da vulnerabilidade na escala das Unidades Federativas a partir de índices específicos em três áreas: socioeconômica, epidemiológica e climatológica, resultando em um único indicador, chamado de Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG) (BRASIL, 2005).

É preciso ressaltar que com a publicação do 4º Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) em 2007, o tema mudanças climáticas entrou definitivamente nas agendas científicas, governamentais e da sociedade civil. No entanto, enquanto as causas desse fenômeno, bem como a necessidade de redução das emissões de gases estufas, são profundamente estudadas pela comunidade científica, as dimensões humanas que o cercam e a necessidade de redução das vulnerabilidades ainda são minimamente consideradas pelo poder público e pouco discutidas pela sociedade civil.

O objetivo desse estudo é analisar, a partir do IVG e com vistas à mitigação dos impactos decorrentes das mudanças climáticas, os principais fatores que contribuem para a vulnerabilidade socioambiental da população na microrregião de Itajubá, localizada no sul de Minas Gerais.

Material e métodos

A microrregião de Itajubá pertence à mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais. Segundo o IBGE (2010), sua população é de 189.193 habitantes e está dividida em treze municípios: Brasópolis, Consolação, Cristina, Delfim Moreira, Dom Viçoso, Itajubá, Maria da Fé, Marmelópolis, Paraisópolis, Piranguçu, Piranguinho, Virgínia e

Wenceslau Braz, possuindo uma área total de aproximadamente 2.982 km². De acordo com o IBGE (2008), o produto interno bruto – PIB da região é superior a R\$2 bilhões, com destaque para o setor de serviços.

A metodologia do IVG (BRASIL, 2005), adaptada às condições epidemiológicas da região, foi utilizada e seus resultados analisados de maneira crítica quanto à aplicabilidade. O Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG) é uma metodologia para avaliação quantitativa da vulnerabilidade a partir de índices em três áreas: socioeconômica, epidemiológica e climatológica. Trata-se, portanto, de um índice composto que agrega diferentes variáveis e associa a cada localidade uma medida comparativa (valor numérico) com respeito a sua vulnerabilidade frente às mudanças climáticas esperadas nas próximas décadas. O IVG é construído pela média aritmética de três outros índices: o IVSE (índice de vulnerabilidade socioeconômica), o IVE (índice de vulnerabilidade epidemiológica) e o IVC (índice de vulnerabilidade climática).

Índice de vulnerabilidade socioeconômica

O IVSE foi construído com o objetivo de combinar a informação de vários indicadores socioeconômicos num indicador sintético que permita estabelecer uma ordenação em função do nível de vulnerabilidade socioeconômica. Nos termos em que a vulnerabilidade foi definida no presente trabalho, o IVSE representa a capacidade de cada município enfrentar os impactos das mudanças do clima.

Foram considerados 11 indicadores divididos em cinco grupos (dimensões), a saber:

- (1) Demografia: densidade demográfica (hab/km²) e grau de urbanização (%);
- (2) Renda: domicílios com mais de 2 pessoas por cômodo (%) e população com renda per capita até ½ salário mínimo (%);
- (3) Educação: população de 15 anos e mais com escolaridade inferior a 4 anos de estudo (%);
- (4) Saneamento: abastecimento de água (% de domicílios), esgoto sanitário (% de domicílios) e destino do lixo (% de domicílios);
- (5) Saúde: taxa de mortalidade infantil (%), esperança de vida ao nascer (anos) e planos de saúde (% da população total com cobertura).

Os valores dos indicadores foram obtidos do Censo Demográfico 2000, do IBGE, e do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, também de 2000.

Classificou-se esses indicadores em dois tipos: tipo 1, aqueles que se caracterizam por valores altos representarem situações de menor vulnerabilidade; e, tipo 2, aqueles que valores baixos representam situações de menor vulnerabilidade. Realizou-se a padronização de acordo com as equações 1 e 2 a seguir:

$$\text{Tipo 1: } I_p = \frac{Máximo_I - I_{Observado}}{Máximo_I - Mínimo_I} \quad (1)$$

$$\text{Tipo 2: } I_p = \frac{I_{Observado} - Mínimo_I}{Máximo_I - Mínimo_I}, \quad (2)$$

onde IP é cada um dos 11 indicadores citados; $I_{observado}$ é o valor observado do indicador I; $Mínimo_I$ é o menor valor observado do indicador I; e $Máximo_I$ é o maior valor observado do indicador I. Depois de padronizados, construiu-se um índice sintético por dimensão (demografia, renda, educação, saneamento e saúde), dado pela média aritmética simples dos indicadores considerados. Por fim, o índice de vulnerabilidade socioeconômica (IVSE) é dado pela média dos índices por dimensão, conforme a equação 3:

$$IVSE = \frac{I_{demografia} + I_{renda} + I_{educação} + I_{saneamento} + I_{saúde}}{5}. \quad (3)$$

Índice de vulnerabilidade epidemiológica

O IVE foi construído com o objetivo de sintetizar, em um único indicador, as informações contidas em um grupo de três doenças de veiculação hídrica, considerando a relação entre clima (incluindo eventos extremos de precipitação) e surtos de doenças de veiculação hídrica (CURRIERO et al., 2001; PATZ et al., 2000), além do histórico de enchentes e inundações na região (PINHEIRO, 2005; MATTOS, 2004). As endemias selecionadas foram: (1) diarreia e gastroenterite; (2) hepatites virais; (3) esquistossomose. Os indicadores escolhidos foram: (1) Taxa de Incidência; (2) Número de Internações da cidade/Número de Internações na microrregião; (3) Número de Óbitos da cidade/ Número de Óbitos na microrregião; (4) Custo total de internação (R\$) da cidade/Custo total de internação (R\$) na microrregião. Como as diarreias e gastroenterites não são de notificação compulsória, não foi utilizada taxa de incidência como indicador para esses agravos. A taxa de incidência para hepatites virais e esquistossomose só são consideradas a partir de 2001, ano que passaram a ser de notificação compulsória.

Cada um dos indicadores selecionados para a construção do IVE foi normalizado de acordo com a equação 4, com a média aritmética simples dos indicadores padronizados, foi construído um índice sintético para cada doença.

$$I_p = \frac{I_{Observado} - Mínimo_I}{Máximo_I - Mínimo_I} \quad (4)$$

O IVE foi calculado a partir dos índices individuais de cada doença. Uma vez que cada doença tem suas características próprias, que as diferem umas das outras,

atribuiu-se um peso a cada uma delas, de acordo com a Tabela 1 (PEREIRA e GONÇALVES, 2003; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005; INSTITUTO ADOLFO LUTZ e CENTRO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA “PROFESSOR ALEXANDRE VRANJAC”, 2004). Os atributos utilizados na caracterização das endemias foram os seguintes: (1) possibilidade de redução da exposição involuntária (proteção individual através de alterações comportamentais), (2) a eficiência do controle ambiental, (3) ocorrência de resistência a drogas, como um determinante possível de falhas de tratamento, (4) possibilidade de tratamento etiológico (eficácia dos medicamentos existentes) e (5) taxa de letalidade. O peso final é dado pela soma dos pesos parciais.

Tabela 1. Estrutura de atribuição dos pesos por agravo

Doença	Redução da Exposição Involuntária	Controle Ambiental	Resistência Medicamento	Tratamento Etiológico	Taxa de Letalidade	Peso Final
Diarreia e Gastroenterite	2	1	1	2	1	7
Hepatites Virais	2	1	1	3	1	8
Esquistossomose	1	1	1	1	1	5

Por fim, o IVE foi obtido pela média ponderada dos indicadores obtidos para cada doença, de acordo com a equação 5,

$$IVE = \frac{(7I_{diarreia} + 8I_{hepatite} + 5I_{esquistossomose})}{20} \quad (5)$$

onde $I_{diarreia}$, $I_{hepatite}$ e $I_{esquistossomose}$ referem-se aos índices obtidos pelos indicadores padronizados para diarreia, hepatite e esquistossomose, respectivamente.

As informações para composição dos índices foram fornecidas pelo banco de dados do Sistema Único de Saúde – SUS, com o auxílio da Superintendência Regional de Saúde de Pouso Alegre. As taxas de incidência foram obtidas através do Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN. O período de análise compreendeu os anos de 1995 a 2002.

De acordo com a definição adotada para o presente artigo, o IVE representa a medida de impacto (nesse caso, sobre a saúde) a que os municípios estão sujeitos.

Índice de vulnerabilidade climática

A avaliação da vulnerabilidade climática, traduzida no IVC, tem por objetivo classificar os municípios de acordo com o número (porcentagem) de meses de

precipitação extrema, superior ou inferior a média. Em outras palavras, representa aquilo que foi chamado na definição de vulnerabilidade adotada no presente estudo, como a medida de exposição aos impactos.

Para identificação de valores “extremos” foram construídos *boxplots* (diagramas de caixa), uma ferramenta comum e simples para a identificação de *outliers* (valores extremos), que considera a assimetria e a variabilidade de um determinado conjunto de dados. Foram construídos *boxplots* para cada série mensal de precipitação acumulada, respeitando-se a sazonalidade natural da precipitação.

Adotou-se critérios clássicos para a avaliação de valores extremos. Isto é, um valor observado de precipitação é considerado “extremo alto” se for maior que a soma do terceiro quartil mais 1,5 vezes a distância interquartil da amostra considerada. Por outro lado, um valor observado de precipitação é considerado “extremo baixo”, se for menor que a soma do primeiro quartil menos 1,5 vezes a distância interquartil da amostra considerada.

Para a construção do IVC considerou-se a porcentagem de meses com precipitação extrema, de acordo com a equação 6,

$$IVC = \frac{P_{\text{observada}} - \text{Mínimo}}{\text{Máximo} - \text{Mínimo}} \quad (6)$$

Observa-se que, $P_{\text{observada}}$ é o valor da porcentagem de meses com precipitação extrema alta; *Mínimo* é o menor valor observado da porcentagem de meses com precipitação extrema; *Máximo* é o maior valor observado da porcentagem de meses com precipitação extrema.

Os dados de precipitação foram obtidos por meio do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (Hidroweb – ANA), a partir das estações localizadas nos municípios da microrregião em estudo. Também foram utilizados dados binários, fornecidos pelo INPE a partir de dados de estação através do método de interpolação Kriging, com resolução de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$. Os dados de estação são provenientes das seguintes fontes: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, rede de PCDs/INPE, além dos centros estaduais de meteorologia (Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG e Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais – SIMGE). Assim, para os municípios onde foram identificadas estações pluviométricas, utilizou-se os dados da ANA; para os demais municípios foram utilizados dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. O período de análise compreendeu os anos entre 1975 e 2000.

Análise estatística

Os municípios foram agrupados em aglomerados, segundo suas homogeneidades, utilizando-se a técnica estatística de análise de agrupamento. A medida de similaridade entre dois elementos adotada foi a Distância Euclidiana. Para a construção dos

conglomerados, utilizou-se o método das médias das distâncias, que trata o espaço entre dois conglomerados como a média das distâncias entre todos os pares de elementos que podem ser formados com os elementos dos dois conglomerados comparados. Para facilitar a interpretação dos resultados, os municípios foram agrupados até que três grupos fossem formados: alta, média e baixa vulnerabilidade.

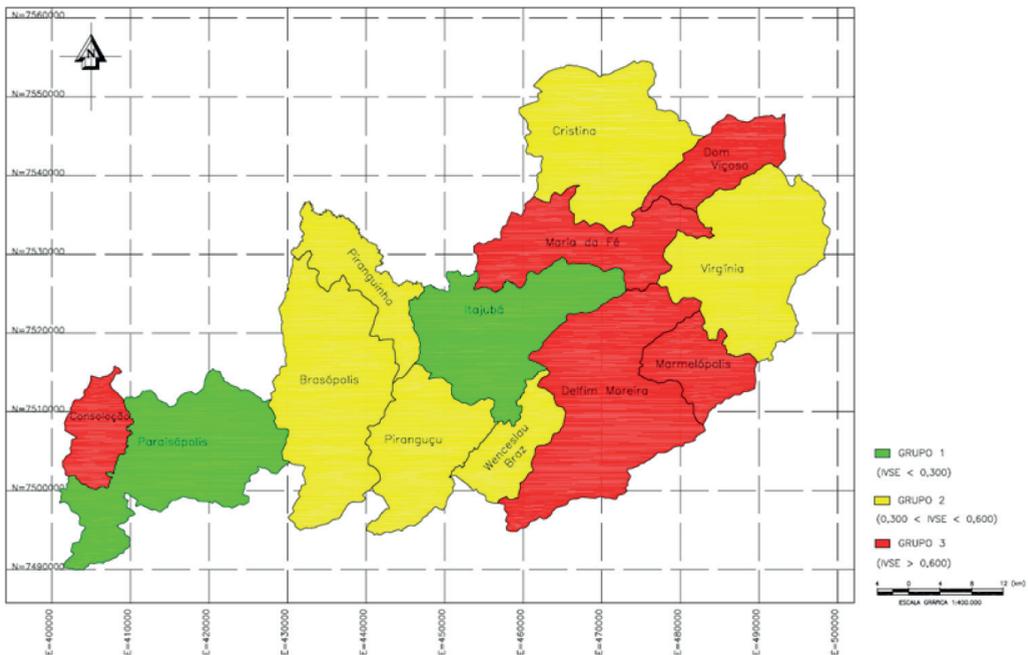
Resultados e discussão

A Tabela 2 retrata os índices sintéticos calculados para os três componentes estudados e o IVG. Para uma melhor compreensão dos resultados a análise foi separada em cada um dos componentes. A Figura 1 apresenta os resultados do IVSE para a região. As cidades de Paraisópolis e Itajubá, se destacam pelos mais baixos valores dessa componente na microrregião, enquanto Marmelópolis e Delfim Moreira estão no extremo oposto. Isto é, são os municípios que apresentam maior sensibilidade quanto a problemas socioeconômicos. O alto valor de vulnerabilidade socioeconômica encontrado para Delfim Moreira deve-se principalmente às condições de saúde e educação no município, enquanto que para Marmelópolis, a contribuição dos indicadores de renda (mais de 40% da população vive com menos de ½ salário mínimo) e saneamento (menos de 45% das residências possui esgotamento sanitário, e menos de 75% das residências possui abastecimento de água) é mais significativa. As cidades de Paraisópolis e Itajubá se destacam por apresentarem baixos valores de vulnerabilidade em todos os indicadores considerados.

Tabela 2. Índices de vulnerabilidade por município, em ordem decrescente de acordo com o Índice de Vulnerabilidade Geral. Em vermelho e azul destacam-se, respectivamente, valores máximos e mínimos do Índice de Vulnerabilidade Epidemiológica, Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica e Índice de Vulnerabilidade Climática.

Municípios	I _{Esquistossomose}	I _{Hepatite}	I _{Diarreia}	IVE	I _{demografia}	I _{renda}	I _{educação}	I _{saneamento}	I _{saúde}	IVSE	IVC	IVG
Consolação	0,00	0,09	0,04	0,046	0,31	0,58	1,00	0,66	0,56	0,622	1,000	0,556
Virgínia	0,00	0,25	0,05	0,117	0,41	0,62	0,71	0,51	0,58	0,563	0,739	0,473
Cristina	0,00	0,21	0,10	0,120	0,31	0,76	0,57	0,42	0,65	0,542	0,739	0,467
Paraisópolis	0,00	0,15	0,39	0,196	0,14	0,23	0,38	0,08	0,17	0,200	1,000	0,465
Itajubá	0,12	0,55	0,81	0,531	0,50	0,39	0,00	0,00	0,23	0,225	0,311	0,356
Maria da Fé	0,00	0,01	0,19	0,070	0,37	0,78	0,55	0,63	0,97	0,659	0,217	0,315
Marmelópolis	0,00	0,00	0,03	0,013	0,35	0,95	0,65	0,80	0,70	0,689	0,217	0,306
Brasópolis	0,00	0,04	0,36	0,142	0,36	0,55	0,46	0,25	0,93	0,510	0,217	0,290
Dom Viçoso	0,00	0,02	0,00	0,009	0,51	0,38	0,61	0,84	0,70	0,607	0,217	0,278
Wenceslau Braz	0,00	0,10	0,00	0,039	0,37	0,48	0,51	0,36	0,68	0,480	0,217	0,245
Delfim Moreira	0,00	0,10	0,06	0,059	0,46	0,63	0,70	0,60	0,93	0,663	0,000	0,241
Piranguçu	0,00	0,04	0,06	0,035	0,51	0,34	0,68	0,62	0,46	0,520	0,087	0,214
Piranguinho	0,00	0,08	0,06	0,053	0,33	0,37	0,47	0,40	0,48	0,410	0,087	0,184

Figura 1. Mapa do Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica nos municípios da microrregião de Itajubá



É possível notar que a saúde contribui para o aumento do IVSE nos municípios de Brasópolis, Delfim Moreira e Maria da Fé. Já no município de Consolação, o péssimo conceito em educação responde pela alta vulnerabilidade, uma vez que o município tem cerca de 50% de sua população com mais de 15 anos de idade, com menos de quatro anos de estudo. No caso do município de Dom Viçoso, a responsabilidade pela elevação da vulnerabilidade socioeconômica está nas más condições de saneamento.

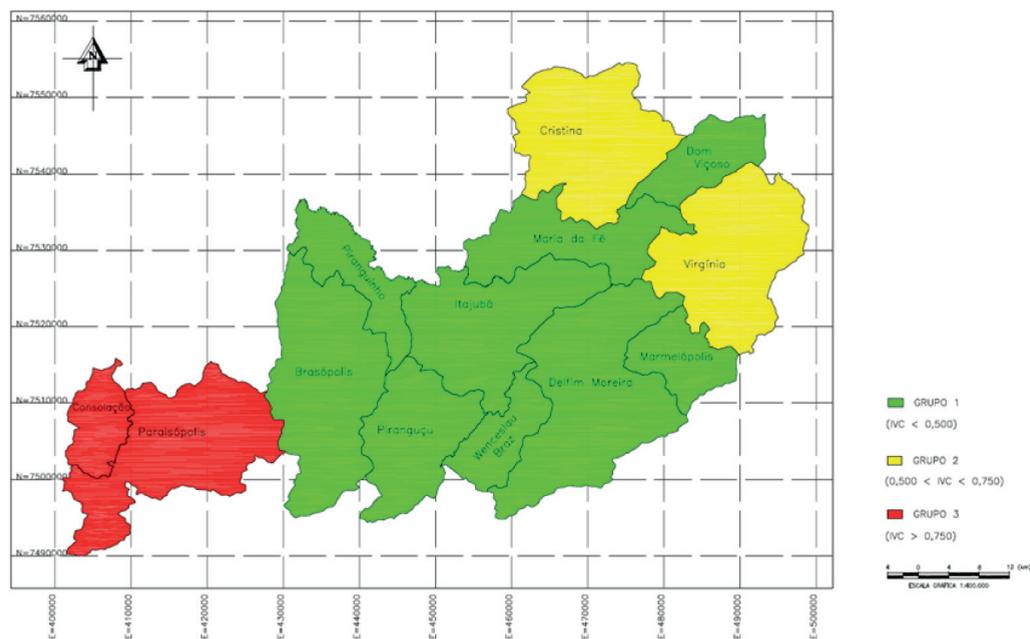
A Figura 2 mostra os valores do IVC, onde se destacam os municípios de Consolação e Paraisópolis por apresentarem a maior porcentagem de meses com precipitação extrema (5,33% das 300 observações). Delfim Moreira apresenta a menor porcentagem de meses com extremos de precipitação (2,78% das 288 observações) e, portanto, o menor IVC da região.

Também chama a atenção o fato de uma parcela expressiva dos eventos de precipitação ser registrada no ano de 1983, seguinte a um evento El Niño de forte intensidade: 27% dos 145 eventos registrados no período ocorreram naquele ano. De fato, esses eventos (meses com precipitação extrema e El Niño de forte intensidade) parecem estar relacionados na região em estudo. GRIMM e FERRAZ (1998) verificaram a influência de eventos El Niño sobre a precipitação da região Sudeste do Brasil a partir da análise de dados de 351 estações. As autoras mostram que, em uma região que abrange a microrregião de Itajubá, alguns períodos dos anos seguintes a eventos

El Niño foram mais úmidos do que a média. O nível de significância do teste de hipótese para esses períodos variou de 40% (março a maio) a 97% (setembro a novembro).

Também é interessante ressaltar que, para os anos de 1997 e 1998 houve a ocorrência de outro evento El Niño de forte intensidade. Neste período, alguns municípios apresentaram meses com precipitação acumulada consideravelmente alta, mas que não foram incluídos como meses de precipitação extrema, em função da definição utilizada nesse estudo. Delfim Moreira, por exemplo, apresentou em novembro de 1997 uma precipitação acumulada de 249,7 mm, muito próxima do *outlier* de 252,4 mm para esse mês; em outubro de 1998, a precipitação acumulada nesse município foi de 231,2 mm, mas o *outlier* foi de 234,9 mm. Assim, alguns meses com altos valores de precipitação acumulada não foram contabilizados como fator de vulnerabilidade climática meramente em função da definição utilizada. Tais situações exigem avaliações futuras mais aprofundadas.

Figura 2. Mapa do Índice de Vulnerabilidade Climática nos municípios da microrregião de Itajubá



A avaliação do IVE é mostrada na Figura 3. Neste caso, é importante tecer algumas observações de cada índice sintético separadamente. Observa-se que o índice sintético de esquistossomose é igual a zero para todos os municípios, exceto Itajubá; este valor deve-se ao fato de, que no período de 1995 a 2002, não foram contabilizados casos de esquistossomose nas demais cidades. Também não foram contabilizados casos de diarreia em Dom Viçoso e Wenceslau Braz no período em análise. Pode-se perceber

ainda que os índices sintéticos para diarreia e hepatites em Itajubá são muito superiores aos encontrados para os demais municípios. Com exceção de Itajubá, nota-se que os índices de vulnerabilidade epidemiológica encontrados são bastante baixos. No entanto, é importante destacar que os altos valores de IVE observados em Itajubá falseiam a ideia de que este município apresente condições tão inferiores de saúde pública em relação aos demais. A menor infraestrutura em saúde dos municípios vizinhos compromete o atendimento à população, fazendo com que muitos casos passem sem notificação local, mas sim no município de Itajubá, que apresenta a melhor infraestrutura na região. Por conta dessa restrição, ou seja, a possível subnotificação dessas doenças nos municípios da região, o IVE apresenta maior grau de incerteza se comparado aos outros dois índices (IVSE e IVC).

Uma vez conhecidas as principais evidências de cada índice que compõem o IVG, é possível analisar esse índice global com maior propriedade. O baixo valor do IVG encontrado para Piranguinho pode ser explicado pelo baixo valor de vulnerabilidade epidemiológica (0,053) e pelo baixo valor de vulnerabilidade climática (0,087). Por outro lado, a alta vulnerabilidade do município de Consolação deve-se, principalmente, aos altos valores de vulnerabilidade socioeconômica (0,622) e climática (1,000). Nota-se que a incerteza referente ao IVE afeta os valores do IVG. Não fosse a discrepância de valores de IVE entre os municípios, Itajubá certamente estaria entre as cidades com menor valor de IVG.

Percebe-se que para 8 dos 13 municípios (Brasópolis, Delfim Moreira, Dom Viçoso, Maria da Fé, Marmelópolis, Piranguçu, Piranguinho e Wenceslau Braz) o principal fator de contribuição para a vulnerabilidade é de ordem socioeconômica. Apenas para Itajubá, a questão epidemiológica é fator determinante para o aumento da vulnerabilidade. No entanto, conforme explicado, o alto valor de IVE em Itajubá pode ser em função da diferença na infraestrutura em saúde entre os municípios. Nos demais municípios (Consolação, Cristina, Paraisópolis e Virginia) o fator climático foi preponderante.

Esses resultados não avaliam o grau de vulnerabilidade em relação a uma condição específica de referência, mas devem ser entendidos como um comparativo entre municípios ou localidades sob condições semelhantes. Assim, pode-se afirmar, por exemplo, que Cristina (IVG = 0,467) é mais vulnerável do que Dom Viçoso (IVG = 0,278) ou Delfim Moreira (IVG = 0,241), mas não é possível comparar esse valor com estudos de outras regiões. Como o IVG não se baseia em uma condição de referência, não é possível afirmar, a partir de um estudo regional, até que ponto essa maior vulnerabilidade compromete a capacidade dessa população em responder às demandas climáticas que está sujeita dentro de um contexto global.

Conclusões

A análise do IVG mostrou que o IVSE proporcionou a maior contribuição para a vulnerabilidade na microrregião de Itajubá. Isto é, os indicadores socioeconômicos relacionados à saúde (taxa de mortalidade infantil, esperança de vida ao nascer e cobertura de planos de saúde) e educação (grau de escolaridade), foram as principais contribuintes para a vulnerabilidade socioeconômica na região. Portanto, políticas públicas visando à redução da vulnerabilidade na região em estudo devem priorizar esses setores.

Apesar dos graves números relacionados ao IVSE, a análise da vulnerabilidade climática, por meio do IVC, revelou uma potencial possibilidade da influência do clima sobre a vulnerabilidade na região. Como esse índice foi baseado apenas na pluviosidade, recomenda-se que estudos futuros se baseiem em outros parâmetros meteorológicos, como a temperatura e a umidade relativa, de fundamental importância para estudos de saúde e epidemiologia.

A baixa qualidade de alguns dados na escala analisada, especialmente os epidemiológicos, foram complicadores potenciais para a regionalização do índice. O período de análise para a obtenção de dados epidemiológicos também contribuiu para tais dificuldades, uma vez que a notificação de casos de hepatites e esquistossomoses só passou a ser compulsória a partir de 2001.

Considerando as incertezas relacionadas ao IVE, é temerário afirmar que os baixos valores encontrados para esse índice representem um baixo potencial de impacto do clima sobre a saúde na região. Além disso, a própria metodologia do IVG avalia os três índices separadamente, resultando em um valor médio de vulnerabilidade, reflexo de uma situação pré-estabelecida, mas que não especifica as influências que um índice tem sobre outro. A relação entre clima (pluviosidade) e agravos de saúde é conceitual, mas não foi analisada na região. Assim, não se pode afirmar se os números do IVE são função do clima ou de outras componentes não avaliadas nesse estudo. Tem-se aí um outro assunto de relevância para estudos futuros.

Recomenda-se ainda que, em estudos posteriores, sejam analisadas as vulnerabilidades na região considerando o impacto sobre outros agravos e outras áreas. Por exemplo, pela inclusão de outros componentes de vulnerabilidade, tais como segurança alimentar e desnutrição, qualidade e disponibilidade de água ou ainda morbidade e mortalidade associadas a desastres climáticos. Espera-se, também, que o tema seja abordado sob uma perspectiva dinâmica. Isto é, o desenvolvimento de uma metodologia que permita projetar o comportamento futuro da vulnerabilidade socioambiental, considerando os diferentes cenários de mudanças do clima e as mudanças nos indicadores sociais. Como sugestão, propõe-se como ponto de partida para tais avaliações dinâmicas, a comparação do estudo aqui apresentado, com uma nova análise que tenha como referência o censo 2010 do IBGE (ainda não publicado na íntegra), visando a avaliação da evolução dos indicadores e como essa evolução reflète na vulnerabilidade regional.

Referências bibliográficas

- ADGER, W. N. Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam. *World Development*, v. 27, n. 2, p. 249-269, 1999.
- AYOADE, J. O. Introdução à Climatologia para os Trópicos. Tradução de Maria Juraci dos Santos. 10^a. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- BLAIKIE, P. et al. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. London: Routledge, 1994. 284 p.
- BLAIKIE, P. et al. *At Risk*. 2^a. ed. [S.l.]: [s.n.], 2003. Disponível em: <http://www.unisdr.org/eng/library/Literature/7235.pdf>. Acessado em: 24/02/2011.
- BOHLE, H. G.; DOWNING, T. E.; WATTS, M. J. Climate Change and Social Vulnerability: toward a sociology and geography of food insecurity. *Global Environmental Change*, v. 4, n. 1, p. 37-48, 1994.
- BRASIL. Análise da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas. Ministério de Ciência e Tecnologia. Brasília, p. 201. 2005.
- BRASIL. Plano nacional sobre mudança do clima. Comitê Interministerial Sobre Mudança do Clima. Brasília, p. 129. 2008.
- BRASIL. Plano Nacional sobre Mudanças do Clima - PNMC. Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. Brasília, p. 129. 2008.
- BROOKS, N. Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. Tyndall Centre for Climate Change Research. Norwich. 2003.
- CHAMBERS, R. Vulnerability, Coping and Policy. *IDS Bulletin*, v. 37, n. 4, p. 33-40, Setembro 2006.
- CONFALONIERI, U. E. C.; MARINHO, D. P.; RODRIGUEZ, R. E. Public Health Vulnerability to Climate Change in Brazil. *Climate Research*, v. 40, p. 175-186, 2009.
- CURRIERO, F. C. et al. The Association Between Extreme Precipitation and Waterborne Disease Outbreaks in the United States, 1948-1994. *American Journal of Public Health*, v. 91, n. 8, p. 1194-1199, August 2001.
- CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, v. 84, n. 2, p. 242-261, June 2003.
- DOW, K. Exploring Differences in our common future(s):the meaning of vulnerability to global environmental change. *Geoforum*, v. 23, n. 3, p. 417-436, 1992.
- GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T. Sudeste do Brasil: uma região de transição no impacto de eventos extremos da Oscilação Sul. Parte I: El Niño. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VII Congresso da FLISMET. Brasília:

Sociedade Brasileira de Meteorologia. 1998. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/13-00c6b871c86cce3462ee431f8d050e2b.pdf>.

HAIR JR., J. F. et al. *Multivariate Data Analysis*. 6^a. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2006.

HINKEL, J. "Indicators of vulnerability and adaptive capacity": Towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environmental Change*, v. 21, p. 198-208, 2011.

IBGE. *Cidades@*. IBGE, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: Agosto 2011. Apresenta informações sobre todos os municípios do Brasil.

IBGE. *Cidades@*. IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: Agosto 2011. Apresenta informações sobre todos os municípios do Brasil.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ E CENTRO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA "PROFESSOR ALEXANDRE VRANJAC". *Diarreia e Rotavírus*. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 36, p. 844-845, 2004.

IPCC. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Summary for policymakers*. Intergovernmental Panel on Climate Change. [S.l.]. 2001. Disponível em http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/; Acessado em 03/04/2011.

JANSSEN, M. A.; OSTROM, E. Resilience, vulnerability, and adaptation: A cross-cutting theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. *Global Environmental Change*, v. 16, p. 237-239, 2006.

MATTOS, A. M. P. Monitoramento hidrológico - via telefonia celular - para apoio a sistemas de previsão de cheias. *Universidade Federal de Itajubá*. Itajubá. 2004.

MINGOTI, S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Guia de vigilância epidemiológica*. Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília, p. 816. 2005. (ISBN 85-334-1047-6). Disponível em: http://www.prosaude.org/publicacoes/guia/Guia_Vig_Epid_novo2.pdf.

MOSS, R. H.; BRENKERT, A. L.; MALONE, E. L. *Vulnerability to Climate Change: a quantitative approach*. U.S. Department of Energy. [S.l.]. 2001.

PACHAURI, R. K. *Reflections on COP 15*. [S.l.]. 2010. Disponível em: http://www.fasid.or.jp/daigakuin/sien/kaisetsu/doc_pdf/100108report.pdf.

PATZ, J. A. et al. *The potential health impacts of climate variability and change for the United States: executive summary of the report of the health sector of the US National Assessment*. *Environmental Health Perspectives*, v. 108, n. 4, p. 367-376, April 2000.

PELLING, M.; UITO, J. I. Small island developing states: natural disaster vulnerability and global change. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, v. 3, n. 2, p. 49-62, Junho 2001.

PEREIRA, F. E. L.; GONÇALVES, C. S. Hepatite A. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, n. 36, p. 387-400, mai-jun 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v36n3/16341.pdf>.

PINHEIRO, M. V. Avaliação técnica e histórica das enchentes em Itajubá - MG. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá. 2005.

Submetido em: 26/03/2012

Aceito em: 11/10/2012

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DA MICRORREGIÃO DE ITAJUBÁ POR MEIO DO IVG COM VISTAS À MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS PELAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

LUIZ HENRIQUE TIBÚRCIO; MARCELO DE PAULA CORRÊA

Resumo: A vulnerabilidade dos municípios que compõem a microrregião de Itajubá, MG, Brasil, foi avaliada por meio da regionalização do Índice de Vulnerabilidade Geral – IVG, metodologia desenvolvida pela Fiocruz com base em indicadores socioeconômicos, epidemiológicos e climáticos. O resultado aponta para o fator socioeconômico como principal contribuinte para a vulnerabilidade na região. A análise de eventos extremos de precipitação, utilizada como indicador climático, mostrou que a variabilidade do clima foi um fator expressivo de vulnerabilidade em 30% dos municípios. A baixa qualidade dos dados epidemiológicos na escala analisada, sobretudo as taxas de incidência, foi o principal fator complicador para regionalização do IVG.

Palavras chave: Clima. Eventos extremos. Saúde. Socioeconomia. Indicadores.

Abstract: An extension of the General Vulnerability Index – IVG to cover a geographic region was used to assess the vulnerability of the municipalities within the region of Itajubá, MG, Brazil. The IVG methodology, developed by Fiocruz, is based on socioeconomic, epidemiological and climate indicators. The result pointed to socioeconomic factors as the major contributor to vulnerability in the region. As showed by the analysis of extreme precipitation events, climate showed to be an important vulnerability factor in 30% of the cases. The low quality of epidemiological data on regional scale, especially the incidence rates, was the main limiting factor for the regionalization of the IVG.

Keywords: Climate. Extreme events. Health. Socioeconomics. Indicators.

Resumen: La vulnerabilidad por los cambios climáticos en los municipios que constituyen la microrregión de Itajubá, MG - Brasil, fue evaluada a través de la regionalización del Índice de Vulnerabilidad General (IVG), metodología desarrollada por la Fiocruz con base en indicadores socioeconómicos, epidemiológicos y climáticos. El resultado señala al factor socioeconómico como principal contribuyente en la vulnerabilidad de dicha región. El análisis de eventos extremos por precipitación, utilizado como indicador climático, mostró que la variabilidad del

clima, expresa la vulnerabilidad de 30% de los municipios en esa región. La escases de información epidemiológica, como la ausencia de datos referentes a las tasas de incidencia, constituyeron el principal obstáculo en la regionalización del IVG.

Palabras clave: Clima. Eventos extremos. Salud. Factores socioeconómicos. Indicadores.
