



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y
Red Académica Iberoamericana Local-Global
Indexada en IN-Recs (95 de 136), en LATINDEX (33 DE 36), reconocida por el DICE, incorporada a la
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.
Vol 10. N° 30
Octubre 2017
www.eumed.net/rev/delos/30

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE AOS DESASTRES NATURAIS NO ESTADO DO PARÁ (BRASIL)

Milena Marília Nogueira de Andrade¹
Universidade Federal Rural da Amazônia
milenamarilia.andrade@gmail.com

Ádanna de Souza Andrade²
Universidade do Estado do Pará
adanna.eng.ambiental@gmail.com

Paulo Eduardo Silva Bezerra³
Universidade Federal Rural da Amazônia
pauloeduardoea@gmail.com

Brasil

CONTENIDO

Resumo	2
Abstract	2
1. Introdução	3
2. Área de estudo	4
3. Metodologia	7
3.1. Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais	8
4. Resultados e discussões	9
4.1. Baixo Amazonas	9
4.2. Marajó	10
4.3. Metropolitana de Belém	11
4.4. Nordeste Paraense	11
4.5. Sudeste Paraense	11
4.6. Sudoeste Paraense	12
5. Considerações finais	13
6. Referências	14

¹ Doutora em Desenvolvimento Socioambiental pela Universidade Federal do Pará. Possui graduação em Geologia e Licenciatura em Matemática. Atua como docente na Universidade Federal Rural da Amazônia e na pós-graduação no Programa de Gestão de Riscos e Desastres na Amazônia na Universidade Federal do Pará.

² Engenheira Ambiental, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará

³ Graduando do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural da Amazônia

RESUMO

O aumento da ocorrência de desastres naturais tem intensificado os danos em áreas urbanas e rurais no Brasil. Em contrapartida diversas metodologias têm sido desenvolvidas para avaliar o risco e a vulnerabilidade das áreas afetadas. Para analisar a vulnerabilidade dos municípios do estado do Pará fez-se uso do Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais. Entende-se que vulnerabilidade é composta pelas dimensões exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa. Desse modo, foram selecionados indicadores para cada dimensão, dois para a exposição, quatro para a sensibilidade e quatro para a capacidade adaptativa. O trabalho se desenvolveu dentro de um Sistema de Informação Geográfica utilizando álgebra de mapas. Os resultados apontam que 22 municípios de 5 mesorregiões do estado do Pará são de muito alta vulnerabilidade aos desastres naturais. Desse modo o uso de indicadores e índices auxilia na priorização de instrumentos para o planejamento territorial de municípios em situação mais crítica.

Palavras-chave: Amazônia, Desastres Naturais, Exposição, Indicadores, Vulnerabilidade

ABSTRACT

Natural disasters have intensified the damages in urban and rural areas. Several methodologies have been developed to assess risk and vulnerability in affected areas. To assess the vulnerability in Pará state municipalities we used a Natural Disaster Vulnerability Index. Vulnerability is compounded by exposition, sensitivity and adaptive capacity. For each of this dimension it was selected indicators, two for exposition, four for sensitivity and four for adaptive capacity. We used Geographical Information System and map algebra for overlay and work with the data. The results presents 22 municipalities in 5 mesoregions of Pará state of very high vulnerability to natural disasters. Thus, the use of indicators and index helps in territorial planning for critical municipalities' situation.

Keywords: Amazon, Natural Disasters, Exposition, Indicators, Vulnerability

1 INTRODUÇÃO

Os Desastres Naturais ocorrem quando danos e perdas são causados ao sistema social, econômico e ambiental decorrentes de um fenômeno natural (SEDEC, 2015). No Brasil são tipificadas e registradas ocorrências de alagamentos, enxurradas, erosão, estiagem e seca, geadas, granizo, inundação, incêndios, movimento de massa, tornado, e vendavais. Sendo que para o país, do total de pessoas afetadas, 126.926.656, a estiagem e a seca representam 51% do total dos registros, seguidos das enxurradas e inundações com 21% e 12% do total dos registros (CEPED, 2013).

As regiões amazônicas têm presenciado eventos extremos hidrometeorológicos, com estiagem e secas nos anos de 2005 e 2010 quando o rio Amazonas e seus tributários tiveram suas vazões reduzidas a valores mínimos (Marengo et al. 2008; Marengo et al. 2011); e inundações extremas nos anos de 2009 e 2012, ainda nessa bacia hidrográfica, com valores fluviométricos máximos registrados (Andrade et al. 2017; Espinoza et al. 2013).

Tais desastres são agravados em áreas urbanas, em virtude do baixo desenvolvimento humano (PNUD, 2013), concentração da infraestrutura e serviços nos polos urbanos, e densidade populacional elevada (IBGE, 2010). Fatores voltados para a forma e estabelecimento de cidades sem prévio planejamento urbano e regional, e falta de infraestrutura urbana adequada também agravam os danos provenientes dos desastres naturais (Szlafsztein, 2015).

O estado do Pará entre 1991-2010 contabiliza 485 registros de desastres (Quadro 1) (CEPED, 2011). Sendo que no oeste do estado há a concentração de eventos de hidrometeorológicos (Fonseca e Szlafsztein, 2013). Em uma análise nacional o estado do Pará possui 3 municípios dentre os 20 municípios com maior risco aos desastres naturais (Almeida et al. 2016). Esse panorama gera expressivos custos para os estados e municípios do Pará, diante de decretos de situação de emergência e calamidade pública. Nina e Szlafsztein (2014) analisaram os efeitos dos desastres naturais no desempenho orçamentário do governo do Estado do Pará no período de 2000 a 2012 e constaram que a ocorrência dos mesmos reduz as receitas em função da queda da arrecadação de impostos na região atingida por um fenômeno; ou ainda, pelos gastos relacionados as ações emergenciais e de reconstrução, que realocam despesas e geram créditos externos.

Uma forma de verificar quais são os municípios que apresentam maiores fragilidades aos desastres é realizar uma análise da vulnerabilidade. Pois, esta última, expressa as condições preconizadas por processos físicos, sociais, econômicos e ambientais, que levam a uma elevação da suscetibilidade de uma população ou comunidades aos impactos dos desastres (ISDR, 2004). A vulnerabilidade é definida como a função das dimensões exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa (Adger, 2006). A exposição identifica quantas pessoas, casas, lotes ou quadras estão situados no local afetado pelas inundações. A sensibilidade corresponde às condições e características das pessoas e do local que são afetados, o perfil socioeconômico e a composição

do material construtivo das casas, respectivamente. A capacidade adaptativa refere-se à habilidade de pessoas ou a competência de uma infraestrutura em lidar ou adaptar-se às pressões externas.

Para Cutter et al (2003) a vulnerabilidade envolve fatores relacionados com as circunstâncias às quais as pessoas e as localidades em riscos estão expostas a um perigo e as variáveis que interferem na capacidade da população, da infraestrutura e de arranjos físico para responder às ameaças naturais. Sendo assim a compreensão da vulnerabilidade se torna uma ferramenta para reduzir riscos potenciais, e fomentar políticas e métodos que melhor avaliem a vulnerabilidade social aos riscos ambientais, diante de acontecimentos extremos (Hummel et al, 2016).

No estado do Pará o acervo de pesquisa relacionados a vulnerabilidade na Amazônia aos desastres naturais ainda é incipiente. Szlafsztein e Sterr (2007) avaliaram a partir de um Sistema de Informação Geográfica, as vulnerabilidades naturais e socioeconômicas da zona costeira do estado, por meio da aplicação de um índice de vulnerabilidade costeira (CVI). Esses autores analisaram os impactos dos perigos naturais da zona costeira, com destaque para inundações e erosões, no qual constataram que mais de 50% do total de área da zona costeira do Estado do Pará possui vulnerabilidade total variando de moderada a muito alta. Nicolodi e Petermann (2010) destacam regiões metropolitanas, como a de Belém, capital do Pará, como áreas de alto risco às mudanças climáticas. Enquanto que Lisboa (2010), descreve um cenário similar na ilha do Marajó-PA, município de Salvaterra. Desse modo o objetivo do trabalho é especializar os resultados de um Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais no estado do Pará.

Quadro 1: Percentual e tipos de desastres naturais no estado do Pará no período de 1991-2010
(Fonte: CEPED, 2011)

Municípios Atingidos por	Nº de registros no Pará	Porcentagem
Estiagem e Seca	28	6
Inundação Brusca	155	32
Inundação Gradual	223	46
Incêndio Florestal	15	3
Erosão Fluvial	20	4
Movimento de Massa	2	0,4
Erosão Linear	29	6
Granizo	1	0,2
Vendaval e/ou Ciclone	12	2,5
Total	485	100%

2. ÁREA DE ESTUDO

O estado do Pará possui uma dimensão territorial com uma extensão de 1,247 milhões km², uma população de 7.581.051 habitantes e densidade demográfica de 6,07 habitantes/km² (IBGE, 2010). Possui 144 municípios e é dividido em seis mesorregiões: Baixo Amazonas, Marajó, Metropolitana de Belém, Nordeste Paraense, Sudeste Paraense e Sudoeste Paraense (Figura 1).

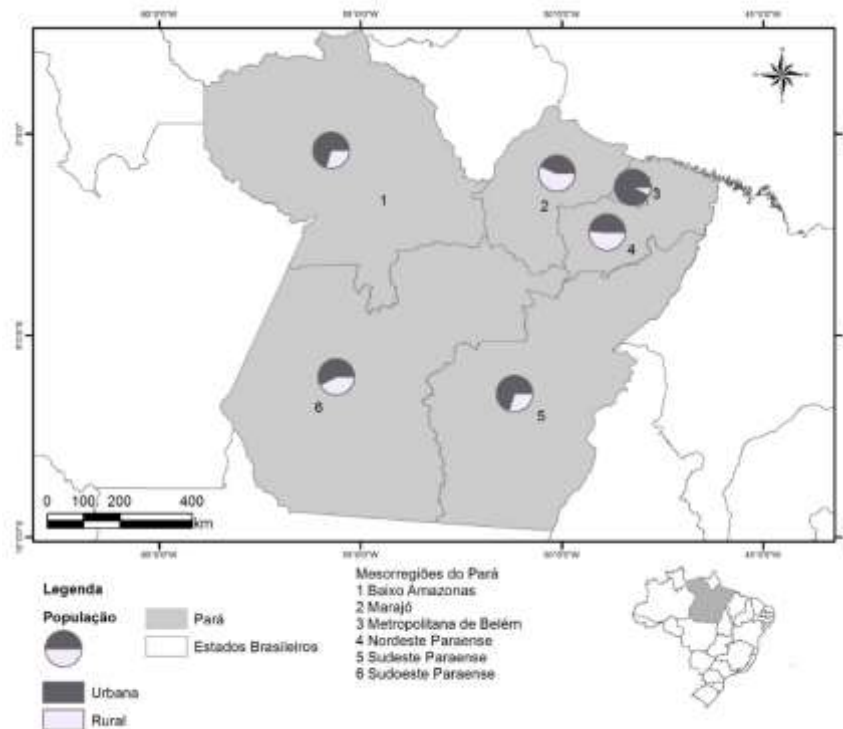
MUNICÍPIOS DO PARÁ	
1. ABAQUARA	89. TRACUATEUA
2. ABAQUARA	90. UBAJARA
3. ABAQUARA	91. UBAJARA
4. ABAQUARA	92. UBAJARA
5. ABAQUARA	93. UBAJARA
6. ABAQUARA	94. UBAJARA
7. ABAQUARA	95. UBAJARA
8. ABAQUARA	96. UBAJARA
9. ABAQUARA	97. UBAJARA
10. ABAQUARA	98. UBAJARA
11. ABAQUARA	99. UBAJARA
12. ABAQUARA	100. UBAJARA
13. ABAQUARA	101. UBAJARA
14. ABAQUARA	102. UBAJARA
15. ABAQUARA	103. UBAJARA
16. ABAQUARA	104. UBAJARA
17. ABAQUARA	105. UBAJARA
18. ABAQUARA	106. UBAJARA
19. ABAQUARA	107. UBAJARA
20. ABAQUARA	108. UBAJARA
21. ABAQUARA	109. UBAJARA
22. ABAQUARA	110. UBAJARA
23. ABAQUARA	111. UBAJARA
24. ABAQUARA	112. UBAJARA
25. ABAQUARA	113. UBAJARA
26. ABAQUARA	114. UBAJARA
27. ABAQUARA	115. UBAJARA
28. ABAQUARA	116. UBAJARA
29. ABAQUARA	117. UBAJARA
30. ABAQUARA	118. UBAJARA
31. ABAQUARA	119. UBAJARA
32. ABAQUARA	120. UBAJARA
33. ABAQUARA	121. UBAJARA
34. ABAQUARA	122. UBAJARA
35. ABAQUARA	123. UBAJARA
36. ABAQUARA	124. UBAJARA
37. ABAQUARA	125. UBAJARA
38. ABAQUARA	126. UBAJARA
39. ABAQUARA	127. UBAJARA
40. ABAQUARA	128. UBAJARA
41. ABAQUARA	129. UBAJARA
42. ABAQUARA	130. UBAJARA
43. ABAQUARA	131. UBAJARA
44. ABAQUARA	132. UBAJARA
45. ABAQUARA	133. UBAJARA
46. ABAQUARA	134. UBAJARA
47. ABAQUARA	135. UBAJARA
48. ABAQUARA	136. UBAJARA
49. ABAQUARA	137. UBAJARA
50. ABAQUARA	138. UBAJARA
51. ABAQUARA	139. UBAJARA
52. ABAQUARA	140. UBAJARA
53. ABAQUARA	141. UBAJARA
54. ABAQUARA	142. UBAJARA
55. ABAQUARA	143. UBAJARA
56. ABAQUARA	144. UBAJARA
57. ABAQUARA	145. UBAJARA
58. ABAQUARA	146. UBAJARA
59. ABAQUARA	147. UBAJARA
60. ABAQUARA	148. UBAJARA
61. ABAQUARA	149. UBAJARA
62. ABAQUARA	150. UBAJARA
63. ABAQUARA	151. UBAJARA
64. ABAQUARA	152. UBAJARA
65. ABAQUARA	153. UBAJARA
66. ABAQUARA	154. UBAJARA
67. ABAQUARA	155. UBAJARA
68. ABAQUARA	156. UBAJARA
69. ABAQUARA	157. UBAJARA
70. ABAQUARA	158. UBAJARA
71. ABAQUARA	159. UBAJARA
72. ABAQUARA	160. UBAJARA
73. ABAQUARA	161. UBAJARA
74. ABAQUARA	162. UBAJARA
75. ABAQUARA	163. UBAJARA
76. ABAQUARA	164. UBAJARA
77. ABAQUARA	165. UBAJARA
78. ABAQUARA	166. UBAJARA
79. ABAQUARA	167. UBAJARA
80. ABAQUARA	168. UBAJARA
81. ABAQUARA	169. UBAJARA
82. ABAQUARA	170. UBAJARA
83. ABAQUARA	171. UBAJARA
84. ABAQUARA	172. UBAJARA
85. ABAQUARA	173. UBAJARA
86. ABAQUARA	174. UBAJARA
87. ABAQUARA	175. UBAJARA
88. ABAQUARA	176. UBAJARA
89. ABAQUARA	177. UBAJARA

A densidade populacional concentra-se na parte leste do estado, e, com exceção da mesorregião do Marajó, a população urbana se sobrepõe a rural (Figura 2). A mesorregião do Sudoeste Paraense é formada por 14 municípios em 415 mil km² de extensão territorial, com uma população de 387.734 habitantes e densidade demográfica de 1,3 hab/km² com 57% da população localizada na área urbana. Em contrapartida, a mesorregião Metropolitana de Belém, possui uma densidade demográfica de 353,7 hab/km² e uma população de aproximadamente de 2,4 milhões, sendo que apenas 8% habita na área rural, e é formada pela união de 11 municípios. Belém é a capital do estado e o município mais populoso com 1,39 milhões de habitantes, representando aproximadamente 18% de toda população do estado paraense.

A mesorregião do Marajó compreende 16 municípios e uma população total de 505.717 habitantes, sendo a maior parte residente da área rural, cerca de 57%, além de apresentar densidade demográfica de 4,41 hab/km². A região do Nordeste Paraense abrange 49 municípios e metade da população habita em áreas rurais, um valor acima da média do estado do Pará, na qual aproximadamente 68% da população reside nas cidades. No entanto, a mesorregião do Nordeste Paraense possui uma densidade populacional equivalente a 18,6 hab/km², um valor três vezes maior que a média do estado.

A região do Sudeste Paraense, na qual compreende 39 municípios e do Baixo Amazonas, formados por 15 municípios, são as mesorregiões que apresentam maior concentração de pessoas nas áreas urbanas dos municípios, apresentando 69% e 58%, respectivamente, porém apresentam baixas densidades populacionais, sendo que o Sudeste Paraense apresenta 5,28 hab/km² e o Baixo Amazonas 2,15 hab/km².

Figura 2: Densidade populacional das mesorregiões do estado do Pará



3. METODOLOGIA

Os indicadores de vulnerabilidade aos desastres naturais foram analisados a partir de dados estatísticos municipais secundários para cada dimensão da vulnerabilidade: exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa. Para este artigo consideramos a exposição o número de vezes que o município foi afetado por algum desastre natural e o número de setores de risco existentes. Foram utilizados os dados referentes ao número de desastres naturais ocorridos no período de 1991 a 2010 no Estado do Pará, presente no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED, 2011). Os desastres analisados foram estiagem e seca, inundação brusca, inundação gradual, incêndio florestal, erosão fluvial e movimento de massa, erosão linear e granizo, vendaval ou ciclone. O número de setores de risco corresponde aos mapeamentos por município pelo Serviço Geológico do Brasil adquiridos em CPRM (2016).

Os dados de sensibilidade referem-se ao perfil socioeconômico de cada município e foram adquiridos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Os dados utilizados para a construção da sensibilidade foram: população de crianças e idosos, renda e nível de instrução (Andrade et al. 2010). As crianças são consideradas vulneráveis pois não conseguem agir e se recuperar sozinhas mediante a ação de um desastre; e os idosos pela dificuldade na mobilidade e requerimento de cuidados especiais mediante uma situação de desastre (Cutter et al. 2003). A renda é um fator responsável pela absorção dos danos e de recuperação após um desastre (Birkmann et al. 2016) e o nível de instrução refere-se à possibilidade de melhor geração de renda e capacidade de se preparar ante aos desastres (Birkmann et al. 2015).

A capacidade adaptativa é analisada a partir de indicadores relacionados à existência de estruturas de contenção de desastres, à existência de unidades de resposta (número de escolas e de hospitais), e à presença de aspectos do planejamento urbano (plano diretor, legislação sobre zoneamento e uso e conservação do solo, base cartográfica para gestão ambiental e sistema de informação geográfica) e de participação em aspectos de articulação institucional (consórcio público nas áreas de educação, saúde, assistência e desenvolvimento social e meio ambiente). Estes dados foram adquiridos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

As estruturas de contenção são construídas para possibilitar a ocupação em áreas onde processos de riscos naturais ocorrem (Kantamaneni, 2016), e as unidades de resposta são os locais que servem de apoio no caso de um desastre estabelecido (Birkmann et al. 2015). Os aspectos do planejamento urbano referem-se aos instrumentos legais que podem ser utilizados para adquirir suporte financeiro, organizar o território afim de manter as áreas de risco aos desastres desabitados e garantir uma gestão territorial mais eficiente (Schneiderbauer et al. 2013). A articulação institucional através de diversos consórcios garante a participação do público e do setor privado na redução da vulnerabilidade aos desastres. A experiências de criação de consórcios em alguns estados brasileiros de integrar as políticas públicas de dimensão regional à política de gestão de riscos de desastres traz a sociedade civil para próximo de uma cooperação intergovernamental (Nogueira et al., 2014). Esses consórcios passam a integrar a administração indireta dos municípios

consorciados, com legitimidade para planejar e executar ações de políticas públicas de âmbito regional (Consórcio Intermunicipal do Grande ABC, 2014).

3.1. Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais

O cálculo do Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais (IVDN) foi obtido através de graus de vulnerabilidade para cada indicador de cada dimensão. O grau de vulnerabilidade varia de 1 a 5, de muito baixo a muito alto, de acordo com critérios adaptados de Andrade et al. (2010) e Andrade (2014) (Quadro 2).

Quadro 2: Indicadores e graus de vulnerabilidade do IVDN (Fonte: Adaptado de Andrade et al. 2009 e Andrade, 2014)

Dimensão	Indicador	Descrição	Grau de Vulnerabilidade				
			Muito Baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito Alta (5)
Exposição	Desastres Naturais	Números de Desastres Naturais no período de 1991 a 2010	0 -3	4 -6	7 – 9	10 – 12	>12
	Número de Setores de Risco	Número de setores de alto ou muito alto risco	0	1	2	3	=>4
Sensibilidade	População de Crianças	Proporção de Crianças do município em relação a população total	0 a 10%	10 a 15%	15 a 20%	21 a 25%	> 25%
	População idosa maior que 60 anos	Proporção de Idosos do município em relação a população total	0 a 10%	10 a 15%	15 a 20%	21 a 25%	> 25%
	Renda	Renda da população ativa acima de 25 anos	0 a 10%	10 a 15%	15 a 20%	21 a 25%	> 25%
	Educação	Educação do responsável pelo domicílio	<5%	5 a 10%	11 a 20%	21 a 25%	> 25%
	Educação	Educação do responsável pelo domicílio	<5%	5 a 10%	11 a 20%	21 a 25%	> 25%
Capacidade Adaptativa	Escolas	Número de locais de abrigos no município	> 150	150-100	100 a 51	50 a 11	<10
	Hospitais	Número de locais de assistência médica no município	> 20	20 e 15	14 e 10	9 e 5	< 5
	Planejamento Urbano	Número de instrumentos urbanos existentes no município	=>5	4-3	2	1	-
	Articulação Institucional	Número de consórcios existentes	=>5	3-4	2	1	-

Após a classificação do grau de vulnerabilidade os dados foram inseridos em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), e, através do método de sobreposição de camadas e operações aritméticas se obteve o IVDN em uma escala de 1:10.100. Foi utilizado o software ArcGis 10.1, e com a ferramenta *Field Calculator* foi possível operar matematicamente entre os campos da tabela com as equações (1), (2), (3) e (4). Os resultados do Índice de Vulnerabilidade à Desastres Naturais (IVDN) resulta da somatória dos indicadores para cada dimensão e variam de muito baixa à muito alta.

$$IVDN = \sum(V_Exp, V_Sen, V_CapAdp) \quad (1)$$

Sendo que:

$$V_Exp = (N_DesNat + N_SetRis) / 2 \quad (2)$$

$$V_Sen = (Pcrian + Pidos + Ren + Edu) / 4 \quad (3)$$

$$V_CapAdp = (Esc + Hos + PlaUrb + ArtIns) / 4 \quad (4)$$

Onde:

V_Exp: Vulnerabilidade da dimensão exposição, N_DesNat: Número de Desastres Naturais, N_SetRis: Número de Setores de Risco; V_Sen: Vulnerabilidade da dimensão Sensibilidade, Pcrian: população de crianças até 4 anos de idade; Pidos: população de idosos de 60 anos ou mais; Ren: renda da população; Edu: nível educacional da população; V_CapAdp: Vulnerabilidade da dimensão Capacidade Adaptativa, Esc: número de escolas; Hos: número de hospitais; PlaUrb: planejamento urbano; ArtIns: articulação institucional.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados para cada dimensão da vulnerabilidade foram descritos por mesorregião e para cada dimensão em ordem alfabética (Figura 3 e Figura 4).

4.1 Baixo Amazonas

A mesorregião do Baixo Amazonas foi a mais atingida por desastres naturais, com 127 eventos em todos os municípios da região no período de 1991 a 2010 (CEPED, 2011). O desastre que mais afeta essa região é a inundação, principalmente no período do inverno amazônico (dezembro a junho) (Andrade et al. 2017). O município mais atingido por desastres foi Monte Alegre, com 17 ocorrências, sendo 9 de inundação gradual e 8 de inundação brusca, além da ocorrência de estiagem e seca, movimentos de massa e erosão linear, o que justifica o seu grau de vulnerabilidade considerado muito alto. O número de setores de risco mapeados para este município foram de 8, e para os municípios de Alenquer, Almerim e Óbidos, 3, 9 e 4 setores de risco mapeados, respectivamente, para deslizamentos e inundações; Porto de Moz possui 5 setores de risco localizados para terras caídas e inundação e Terra Santa possui 8 setores de risco à inundação (CPRM, 2016). O município de Santarém possui 6 setores de risco à inundação, deslizamento planar, queda de blocos e erosão fluvial.

A dimensão sensibilidade para a mesorregião do Baixo Amazonas apresentou apenas os municípios de Alenquer, Belterra, Faro, Óbidos, Placas, Prainha, e Terra Santa com grau moderado de vulnerabilidade correspondendo à 46% da área. Os fatores que mais contribuíram para elevar o grau de vulnerabilidade foi o baixo nível de renda da população e o precário nível de escolaridade, já que em média 38,15 % da população do Baixo Amazonas não possui instrução ou possui o ensino fundamental incompleto, enquanto que 1,38% da população possui ensino superior completo.

Para a dimensão capacidade adaptativa os municípios de Curuá, Faro, Mojuí dos Campos e Terra Santa possuem vulnerabilidade moderada e mais de 50% da mesorregião possui baixa e muito baixa vulnerabilidade. A região possui locais que podem ser utilizados em caso de um desastre. O grau IVDN é muito alto em Alenquer, Amerim, Monte Alegre, Óbidos, Porto de Moz e Terra Santa correspondendo a 40% da mesorregião. O município de Mojuí dos Campos apresenta muito baixo IVDN, isto se dá ao fato de ter sido criado no ano de 2013 e ainda não possui uma base de dados atualizada sobre esse município. Curuá, Faro e Placas possuem IVDN moderada.

4.2 Marajó

A dimensão exposição para a mesorregião do Marajó foi identificada com 68% de vulnerabilidade muito baixa o que corresponde a 11 municípios. No entanto, é importante ressaltar que essa mesorregião é mais suscetível a riscos naturais a erosão e inundação, em virtude de sua localização geográfica, sofrendo influência direta e indireta da dinâmica do mar (Espírito-Santo e Szlafsztein, 2016). Assim, o grau de vulnerabilidade muito baixo pode ser atribuído à não notificação da ocorrência de um desastre, o que faz com que os eventos não sejam identificados pela defesa civil do município. No total houveram 15 eventos nessa mesorregião, principalmente de inundação brusca, inundação gradual e erosão fluvial nos municípios. O município mais atingido foi Cachoeira do Arari, com 5 eventos, sendo 3 de inundação gradual, 1 de inundação brusca e 1 de movimento de massa. O município de Soure e Salvaterra possuem, cada um, 7 setores de risco à erosão costeira.

A dimensão sensibilidade, mostrou que a mesorregião do Marajó possui 62% vulnerabilidade moderada. Aproximadamente 30% dos habitantes dos municípios dessa mesorregião possuem o ensino fundamental incompleto, ressaltando o baixo grau de escolaridade de parte da população. Para a dimensão capacidade adaptativa os municípios de Bagre, Cachoeira do Arari, Currallinho, Melgaço, Muaná, Santa Cruz do Arari e Soure apresentaram grau moderado de vulnerabilidade devido principalmente a existência de poucos hospitais e escola. Os hospitais são considerados uma das unidades de resposta mais importantes frente à ocorrência de um desastre, na medida em que contribuem para o restabelecimento da qualidade de saúde da população (Marques e Szlafsztein, 2010). O IVDN apresenta 31% dos municípios com grau de vulnerabilidade moderada, sendo que Soure foi considerado com vulnerabilidade muito alta e Currallinho, Salvaterra e Ponta de Pedras de vulnerabilidade alta.

4.3 Metropolitana de Belém

Na mesorregião Metropolitana de Belém a dimensão exposição possui 18% da sua área com vulnerabilidade moderada. Em Belém são recorrentes inundações e alagamentos no período chuvoso. Sendo que 146 ocorrências de pontos de alagamento já foram registradas em 10 micro bacias hidrográficas (Pontes et al, 2017). A capital possui 10 setores de risco a inundação, desabamento e avanço da maré (CPRM, 2016).

Para a dimensão de sensibilidade 72% da área possui baixa vulnerabilidade. Como essa mesorregião possui atividades econômicas voltada para serviços existem mais possibilidades de geração de renda e melhor acesso à educação e informação. A dimensão da capacidade adaptativa possui vulnerabilidade moderada para Santa Bárbara do Pará e no restante da área mais de 50% é considera de baixa e muito baixa vulnerabilidade. Isso se deve ao fato da quantidade considerável de unidades de resposta antes aos desastres como alto número de escolas e hospitais, que servem como abrigo e assistência médica em casos de desastres naturais. O IVDN é 45% baixo para essa mesorregião, sendo que os municípios de Castanhal e Santa Bárbara do Pará são de vulnerabilidade moderada.

4.4 Nordeste Paraense

A dimensão exposição para essa mesorregião possui 12% de vulnerabilidade moderada, sendo que Baião teve um nível alto de exposição e, de acordo com CPRM (2016) possui 5 setores de risco mapeados às enxurradas, corrida de detritos e deslizamento de encosta. Bragança, Cametá, Irituia, Maracanã, Ourém e São Miguel do Guamá foram considerados de moderada vulnerabilidade. Sendo que São Miguel do Guamá possui 17 setores de risco mapeados.

A dimensão sensibilidade apresenta 69% de área com vulnerabilidade moderada o que consiste em 34 municípios. A maior parte da população da mesorregião, possui uma renda menor que dois salários mínimos e também baixa escolaridade, contudo nesta mesorregião os grupos de risco de crianças e idosos não são maioria. A dimensão capacidade adaptativa apresenta 30% da área de vulnerabilidade moderada o que consiste em 15 municípios e o restante de baixa e muito baixa vulnerabilidade. Isso se deve ao fato dessa mesorregião possuir escolas e hospitais, que servem como abrigo e assistência médica em casos de desastres naturais.

Na análise do IVDN foi identificado que os municípios Baião e Ourém apresentaram vulnerabilidade muito alta, e Irituia, Quatipuru e São Miguel do Guamá vulnerabilidade alta totalizando em 10% da área.

4.5 Sudeste Paraense

Na dimensão exposição 13% da área possui vulnerabilidade muito alta e alta. Os municípios de Marabá, Rondon do Pará e São Félix do Xingu tiveram alto índice de ocorrência de desastres com 17, 11 e 10, respectivamente. Sendo que os municípios de Itaituba, Juruti, Marabá, Maracanã, Parauapebas e São Miguel do Guamá possuem acima de 10 setores de risco (CPRM, 2016).

A dimensão sensibilidade possui 48% de vulnerabilidade moderada. E na dimensão da capacidade adaptativa, observa-se que 17% da área é de moderada vulnerabilidade e 19% de baixa vulnerabilidade. Na análise do IVDN 38% da área é de vulnerabilidade moderada, sendo que os municípios de Marabá, Nova Ipixuna, Rio Maria, Rondon do Pará, Santana do Araguaia e São João do Araguaia foram considerados de muito alta vulnerabilidade; e os municípios Água Azul do Norte, Canãa dos Carajás, Jacundá, Parauapebas, Santa Maria das Barreiras e Tucuruí de alta vulnerabilidade.

4.6 Sudoeste Paraense

Na dimensão exposição 35% dos municípios são de vulnerabilidade alta, sendo eles, Aveiro, Itaituba, Jacareacanga, Novo Progresso, e Vitória do Xingu e 35% de vulnerabilidade moderada, sendo eles Altamira, Anapu, Medicilândia, Rurópolis e Trairão. Destes, Itaituba e Jacareacanga apresentam 11 e 7 setores de risco, respectivamente à deslizamentos, erosão e inundação gradual (CPRM, 2016). E as cidades que possuem registro de decretos de emergência foram as cidades de Altamira e Itaituba com 14 e 10 desastres, respectivamente.

Para a dimensão sensibilidade 35% da área é de vulnerabilidade moderada e para a dimensão capacidade adaptativa 42% da área é de vulnerabilidade baixa. Este último corresponde a existência de instrumentos de planejamento e ordenamento urbano e ambiental. O IVDN indica que 50% da área possui vulnerabilidade muito alta o que corresponde aos municípios de Anapu, Aveiro, Medicilândia, Novo Progresso, Rurópolis, Trairão e Vitória do Xingu. Os municípios de vulnerabilidade alta representam a 21% da área e são Itaituba, Jacareacanga, e Senador José Porfírio.

Figura 3: Exposição aos Desastres Naturais no estado do Pará

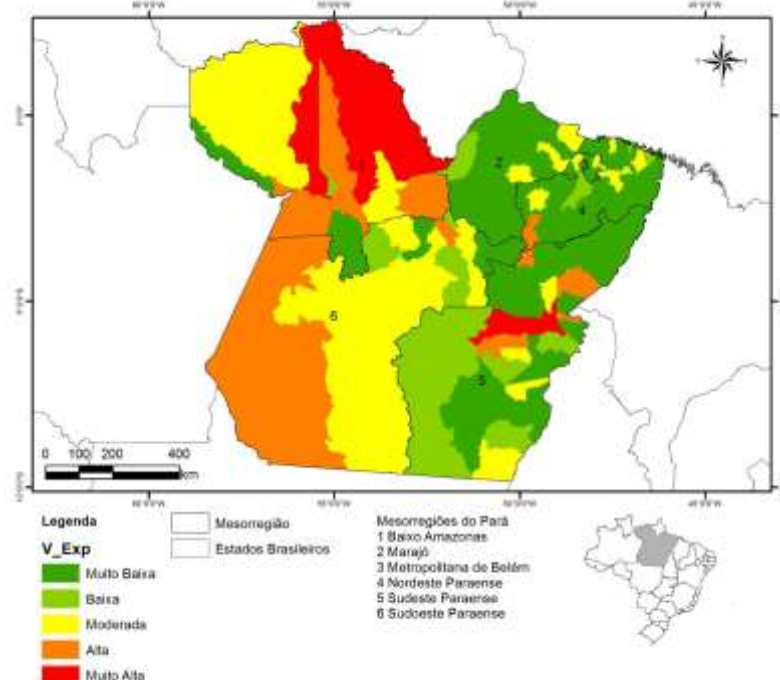
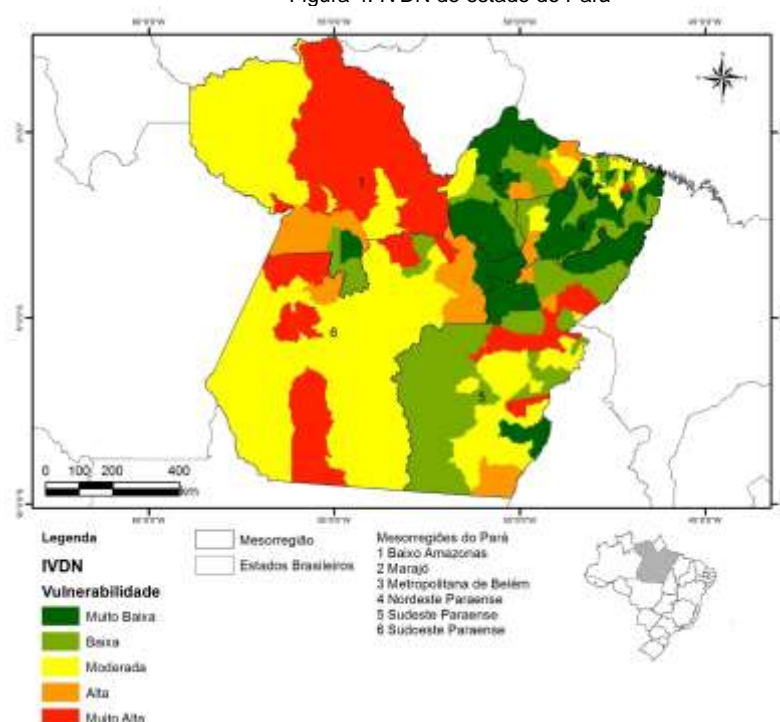


Figura 4: IDVN do estado do Pará



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As dinâmicas populacionais contribuem para intensificação de fenômenos naturais. O ritmo de crescimento populacional, os tipos de atividade empregadas na área, renda, educação, saúde e infraestrutura são alguns dos componentes necessários no desenvolvimento social, contudo também influenciam na vulnerabilidade, seja ela social, física e até mesmo econômica. Assim, esta pesquisa sobre a vulnerabilidade dos municípios a desastres naturais identificou as cidades mais expostas a esses riscos. Os municípios de vulnerabilidade muito alta nível são: Alenquer, Almerim, Anapu, Aveiro, Baião, Marabá, Medicilândia, Monte Alegre, Nova Ipixuna, Novo Progresso, Óbidos, Ourém, Porto de Moz, Rio Maria, Rondon do Pará, Rurópolis, Santana do Araguaia, São João do Araguaia, Soure, Terra Santa, Trairão e Vitória do Xingu. Os municípios de alta vulnerabilidade aos desastres naturais são: Água Azul do Norte, Canãa dos Carajás, Curralinho, Irituia, Itaituba, Jacareacanga, Jacundá, Juruti, Oriximiná, Parauapebas, Ponta de Pedras, Prainha, Quatipuru, Salvaterra, Santa Maria das Barreiras, Santarém, São Miguel do Guamá, Senador José Porfírio e Tucuruí.

Dentre as dimensões da vulnerabilidade a exposição representa o histórico de danos referentes à informação de desastres que já ocorreram quanto a quantificação de setores de risco existentes em cada município. Esses setores em maioria se encontram nas áreas urbanas. Na capital Belém a exposição é alta, contudo na análise final da vulnerabilidade as outras dimensões foram determinando para seu IDVN final.

Este trabalho apresenta uma ferramenta de espacialização de indicadores vinculados à vulnerabilidade aos desastres naturais. Deve-se ressaltar a importância da capacidade adaptativa como resposta humana diante da ação de um determinado desastre, podendo ser implementados por parte da população e instituições, por meio de um conjunto de políticas, estratégias e medidas, visando a recuperação frente aos impactos ocorridos em um desastre. A utilização de índices auxilia em ações de planejamento e prevenção de perdas.

6. REFERÊNCIAS

- Almeida, L.Q., Welle, T., Birkmann, J (2016): "Disaster risk indicators in Brazil: A proposal based on the world risk index". *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 17, p. 251–272.
- Andrade, M.M.N., Bandeira, I.C.N., Fonseca, D.D.F., Bezerra, P.E.S., Andrade, A.S., Oliveira, R.S. (2017): "Flood Risk Mapping in the Amazon". In: Hromadka, T., Rao, P. (Ed) *Flood Risk Management* Ed: In: *Flood Risk Management*. Intech. Rijeka, Croatia, pp. 41-54.
- Andrade, M. M.N., Szlafsztein, C.F., Souza Filho, P.W., Araújo, A., Gomes, M. (2010): "A socioeconomic and natural vulnerability index for oil spills in an Amazonian harbor: A case study using GIS and remote sensing". *Journal of Environmental Management*, v. 91, p. 1972-1980,
- Andrade, M.M.N. (2014). *Capacidade Adaptativa: Uma Proposição Metodológica de Avaliação Da Vulnerabilidade Social às Inundações Aplicada em Santarém*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará.
- Adger, N. (2006): "Vulnerability". *Global Environmental Change*, v. 16, p. 268–28.
- Birkmann, J., Cutter, S., Rothman, D., Welle, T., Garschagen, M., Ruijven, B., O'Neill, B., Preston, B. L., Kienberger, S., Cardona, O., Siagian, T., Hidayati, D., Setiadi, N., Binder, C., Hughes, B., Pulwarty, R. (2015): "Scenarios for vulnerability: opportunities and constraints in the context of climate change and disaster risk". *Climatic Change*, p. 133:53–68.
- Consórcio Intermunicipal do Grande ABC, 2014. Disponível em: <http://www.consortioabc.sp.gov.br/institucional/historico>. Consultado em 21/05/2015
- Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED) (2011): "Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Pará". CEPED. UFSC, Florianópolis.
- Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED) (2013): "Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012. Volume Brasil." CEPED. UFSC, Florianópolis.
- Companhia de Recursos e Pesquisa Mineral (CPRM) (2016): Informação sobre a realização dos mapeamentos de riscos. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/>. Consultado em 08/12/2016
- Cutter, S., Boruff, B., Shirley, L. (2003): "Social Vulnerability to Environmental Hazards". *Social Science Quarterly*, v. 84, n. 1, p. 242-261, 2003.

- Espinoza, J., Ronchail, J., Frappart, F., Lavado, W., Santini, W., Guyot, J. (2013): "The major floods in the Amazonas river and tributaries (western Amazon basin) during the 1970-2012 period: a focus on the 2012 flood". *Journal of Hydrometeorology*, v. 14, p. 1000-1008.
- Espirito-Santo, C.M., Szlafsztein, C. (2016): "Gestão de risco de desastres em planos diretores de três municípios da zona costeira do estado do Pará, Brasil". *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v.16, n. 2, p. 223-229.
- Fonseca, D., Szlafsztein, C. (2013): "Risco geológico". In: João, X., Teixeira, S., Fonseca, D. (Org.) *Geodiversidade do Estado do Pará*. CPRM. Belém, Pará, pp. 119–130.
- Hummel, B.M.L., Cutter, S., Emrich, C.T. (2016): "Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil". *International Journal of Disaster Risk Science*, v.7, p.111–122
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Senso demográfico do Pará. 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/>. Consultado em 06/10/2016.
- Kantamaneni, K. (2016): "Coastal infrastructure vulnerability: an integrated assessment model". *Natural Hazards*, v. 84, p.139–154.
- Lisboa, T.F.P (2011): "Vulnerabilidade Ambiental da Orla Costeira do Município de Salvaterra, Ilha de Marajó-PA, no trecho compreendido entre a foz do Rio Paracauari e a Ponta do Tapariuaçu". *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 1, p. 074-089.
- Marengo, J., Nobre, C., Tomasella, J., Oyama, M., Sampaio, G., Camargo, H., Alves, L. (2008): "The drought of Amazonia in 2005". *Journal of Climate*, v. 21, p. 495-516.
- Marengo, J., Tomasella, J., Alves, L., Soares, W., Rodriguez, D. (2011): "The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region". *Geophysical Research Letters*, v. 38, p. 1-5.
- Marques, O., Szlafsztein, C. (2010): "Análise de risco como critério a gestão do território: um estudo do plano diretor do município de Alenquer (PA)". *Olam: Ciência & Tecnologia*, v. 10, p.1-29.
- Nicolodi, J.L., Petermann, R.M. (2010): "Potential vulnerability of the Brazilian coastal zone in its environmental, social, and technological aspects". *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v.5, n. 2, p. 184-204.
- Nogueira, F.R., Oliveira, V. E., Canil, K. (2014): "Políticas públicas regionais para gestão de riscos: o processo de implementação no ABC, SP". *Ambiente & Sociedade*, v. 17, n. 4, p. 177-194.
- Pontes, M. L. C., Lima, A.M., Junior, J.A.S. (2017): "Dinâmica das áreas de várzea do município de Belém/PA e a influência da precipitação pluviométrica na formação de pontos alagamentos". *Caderno de Geografia*, v. 27, n.49, p. 285-303.
- Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) (2015): Glossário de Defesa Civil, estudos de riscos e medicina de desastres. Disponível em: http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=71458606-5f48-462e-8f03-4f61de3cd55f&groupId=10157. Consultado em 12/07/2014

- Schneiderbauer, S., Pedoth, L., Zhang, D., Zebisch, M. (2013): "Assessing adaptive capacity within regional climate change vulnerability studies—an Alpine example". *Natural Hazards*, v. 67, p.1059–1073.
- Szlafsztein, C.F., Nina, A.S. (2014): "Efeitos de desastres naturais ao desempenho orçamentário do Estado do Pará". *Novos Cadernos NAEA*, v. 17, n. 2, p. 265-285.
- Szlafsztein, C, F. (2015): "Management of natural disasters in the Brazilian Amazon region". *Natural Hazards*, v.76, n.3, p. 1745-1757.
- Szlafsztein, C., Sterr H. (2007): "A GIS-based vulnerability assessment of coastal natural hazards, state of Para, Brazil". *Journal of Coastal Conservation*. v. 11, p. 53–66.
- International Strategy for Disaster Reduction, UNITED NATIONS (ISDR) (2004): "Living with Risk: a Global Review of Disaster Reduction Initiatives". UN Publications, Geneva.
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) (2010): "Ranking IDHM Unidades da Federação 2010". Disponível em:
<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-uf-2010.html>. Consultado em 10/03/2017