

## VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NA BACIA DO RIO JAPARATUBA EM SERGIPE A PARTIR DA ÁLGEBRA DE MAPAS

Christiane Freitas Pinheiro de Jesus<sup>1</sup>, Nelson Wellausen Dias<sup>2</sup>, Marcus Aurelio Soares Cruz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geógrafa, Analista, IBGE, Aracaju – SE, christiane.jesus@ibge.gov.br

<sup>2</sup> Oceanógrafo, Analista, IBGE, Aracaju – SE, nelson.dias@ibge.gov.br

<sup>3</sup> Eng.º. Civil, Pesquisador, Embrapa, Aracaju – SE, marcus.cruz@embrapa.br

**RESUMO:** A bacia do rio Japaratuba teve grande parte de sua área desmatada dando lugar à pastagens, plantação de cana-de-açúcar e exploração mineral (petróleo e potássio). Com o intuito de realizar uma avaliação que contemplasse não somente os aspectos biofísicos, mas também fatores socioeconômicos, este estudo teve como objetivo realizar uma análise preliminar voltada para a avaliação da vulnerabilidade socioambiental dessa bacia. Para tanto foram utilizadas técnicas de análise espacial que envolveram a álgebra de mapas sobre planos de informação que incluíam: a distribuição espacial da população e das pessoas sem renda por setor censitário, o uso da terra e o modelo de perda de solo por erosão. Os resultados obtidos demonstraram que os maiores valores de vulnerabilidade estiveram concentrados a partir do médio curso da bacia até alguns trechos nas proximidades da foz. Nessas áreas ocorre maior ocupação populacional e um maior número de pessoas sem rendimentos mensais fixos, além de maiores valores de perda de solo por erosão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise integrada, bacia hidrográfica, geoprocessamento

**INTRODUÇÃO:** A bacia do rio Japaratuba, segundo Fontes (1997), tem uma tradição de criação de gado bovino e de cultivo da cana-de-açúcar desde o século passado. Este fato decorre, principalmente, das condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento de solos férteis e à disponibilidade de água. Aragão e Almeida (2009) destacam que, a exploração de petróleo e potássio tem favorecido a aceleração do escoamento superficial e o conseqüente aumento na carga de sedimentos nos rios causando assoreamento, o que contribui para o aumento da vulnerabilidade do ambiente físico. A noção de vulnerabilidade é geralmente definida como uma situação em que estão presentes três elementos (ou componentes): exposição ao risco, incapacidade de reação e dificuldade de adaptação diante da materialização do risco (MOSER, 1998). A vulnerabilidade socioambiental integra as dimensões: social e ambiental, portanto, requer a utilização de metodologias de integração na análise. A utilização da álgebra de mapas permite a análise conjunta e integrada de fenômenos espaciais, através de um conjunto de operadores que manipulam campos geográficos e tem sido amplamente adotada para estudos de vulnerabilidade. Halim et al. (2007) estimaram o risco de erosão do solo na bacia do rio Kaligarang na Indonésia por meio da análise integrada de fatores biofísicos e socioeconômicos. Seus resultados indicaram que os fatores população e renda foram os mais determinantes, dentre os parâmetros socioeconômicos, na avaliação dos riscos de erosão do solo. Este trabalho tem como objetivo avaliar preliminarmente a vulnerabilidade socioambiental na bacia do rio Japaratuba utilizando dados socioeconômicos do Censo 2010 e aplicando álgebra de mapas entre os seguintes temas: distribuição espacial da população e das pessoas sem renda por setor censitário, uso da terra e risco de perda de solo por erosão.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A bacia do rio Japaratuba, localizada na região nordeste do estado de Sergipe, possui uma área de 1.674,2 km<sup>2</sup> estendendo-se total ou parcialmente por 18 municípios com cidades de pequeno e médio porte e por 768 setores censitários (Figura 1). De acordo com Aragão e Almeida (2009), da área total da bacia, 9,63 % estão localizados na região semi-árida, 30,18 % no litoral úmido e 60,17 % no agreste, sendo que a pluviosidade varia de 400 a 1.400mm na área da bacia. As principais sub-bacias envolvem as áreas de drenagem dos rios Japaratuba (Alto e Baixo curso), Siriri e Japaratuba-Mirim, que se constituem também nas unidades de planejamento definidas pela SEMARH (2011).

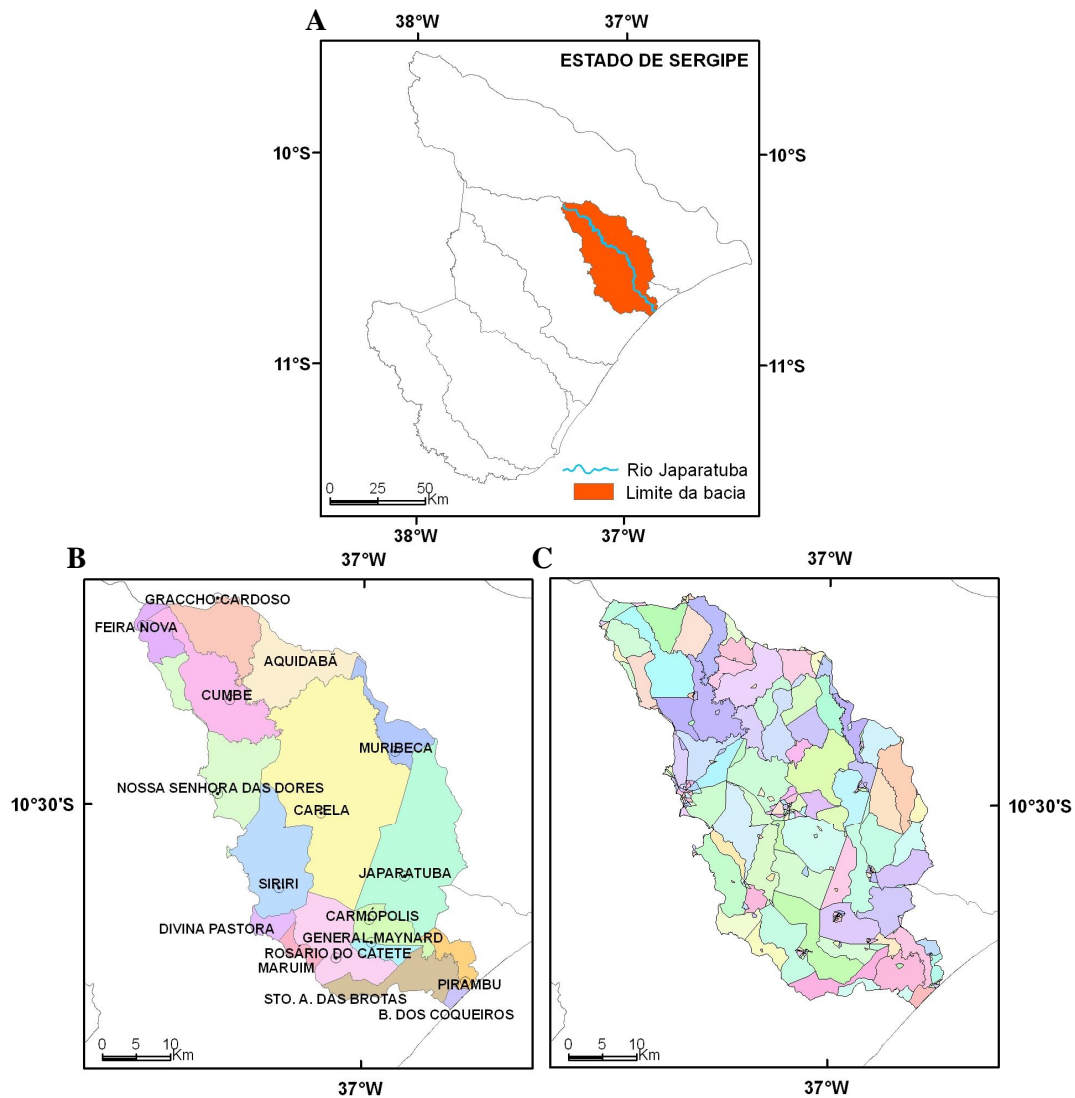


Figura 1 – Localização da bacia no Estado (A), divisão municipal (B) e divisão dos setores censitários (C).

Para a determinação da vulnerabilidade socioambiental neste estudo foram utilizados os seguintes materiais: dados de população e renda por setor censitário (IBGE, 2011); classificação do uso da terra, a partir de imagens SPOT, realizada pela SEMARH (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos) e publicada no Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe (SEMARH, 2011); e estimativa de perda de solo na bacia calculada pela EUPS (Equação Universal de Perda de Solo) como produto do projeto “Aplicação de ferramentas de geoprocessamento e de modelagem matemática na avaliação dos impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas na bacia do rio Japarutuba em Sergipe” da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Considerando que diversos setores censitários podem estar inseridos parcialmente na área de uma bacia, foi necessário ponderar os dados de população e renda a partir do número de unidades visitadas (UV) por setor. Para tanto, foi dividido o número de UV que efetivamente estava dentro da bacia pelo total de UV do respectivo setor censitário. O diagnóstico da vulnerabilidade socioambiental partiu da análise integrada dos temas: população, renda, EUPS e uso da terra utilizando a álgebra de mapas. A preparação dos dados passou pelas seguintes etapas: (1) *tratamento dos dados de população e renda* – com os valores obtidos a partir da ponderação, associados a centróides criados para cada polígono dos setores, foi feita a interpolação dos centróides pelo método IDW (*Inverse Distance Weight* - Inverso Ponderado da

Distância). Este método de interpolação leva em consideração a dependência espacial dos valores interpolados por meio da determinação de pesos atribuídos aos pontos amostrados de forma proporcional à contribuição de cada valor vizinho, em função do valor e da distância, de maneira que a soma dos pesos vizinhos seja igual a 1 (MENEGOL, 2004). Esta interpolação foi realizada pela ferramenta disponível no software ArcGIS versão 10. O uso do IDW neste estudo segue as orientações de Jakob & Young (2006) no sentido de eliminar o chamado “efeito mosaico” ou “efeito xadrez”, presente em geral na visualização de mapas temáticos, além de destacar as principais concentrações espaciais de população e renda, suavizando suas diferenças; (2) *generalização das classes do uso da terra* – as 17 classes de uso do solo identificadas pela SERMAH (2011) foram agrupadas em novas classes: Áreas Antropizadas (associação de caatinga/cultivos/pastagem, cultivos agrícolas/solos expostos, pastagem, povoado/distritos, sede municipal, viveiro/salina, área degradada e área industrial) e Áreas Naturais (caatinga arbustiva arbórea, corpos d'água, dunas e areial, floresta estacional, floresta ombrófila, manguezal, mata ciliar, vegetação de restinga e área embrejada). O agrupamento das classes objetivou condensar a análise em dois cenários, um de maior alteração antrópica (Áreas Antropizadas) e outro de menor alteração (Áreas Naturais); e (3) *Classificação temática dos valores da EUPS* – os valores de perda do solo por erosão variaram de 0 a 3.965 t/ha.ano e foram agrupados em 5 categorias temáticas, a saber: Perda Baixa (0 - 26,25), Perda Moderadamente Baixa (26,26 - 107,75), Perda Mediana (107,76 - 282,72), Perda Moderadamente Alta (282,73 - 666,36) e Perda Alta (666,36 - 3.965). Todas as classes identificadas em cada tema foram consideradas como campos geográficos na álgebra de mapas e foram constituídas por um conjunto de pixels que agregam os respectivos valores de sua classificação temática. Para o cruzamento dos temas fez-se uso da ferramenta *Raster Calculator*, disponível na função *Map Algebra* acionada através da extensão *Spatial Analyst* do ArcGis 10. Essa função exige uma reclassificação dos valores, que por sua vez, foram reagrupados em 3 (0, 1 e 2) através da ferramenta *Reclassify* também acionada pela mesma extensão. A Tabela 1 mostra os valores agrupados para cada classe dos respectivos temas e sua valoração segundo a contribuição à maior ou menor Vulnerabilidade Socioambiental (VSA), conforme critérios adotados neste estudo preliminar.

Tabela 1: Escala de valores para execução da álgebra de mapas.

TEMA	CLASSES	VALOR RECLASSIFICADO	CONTRIBUIÇÃO À VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL
POPULAÇÃO (Número total de pessoas)	0,01 - 274,07	0	Pequena
	274,08 - 416,81	0	Moderadamente pequena
	416,82 - 570,97	1	Mediana
	570,98 - 747,97	2	Moderadamente grande
	747,98 - 1.455,97	2	Grande
RENDA (Número de pessoas sem renda)	0,01 - 104,83	0	Pequena
	104,84 - 159,43	0	Moderadamente pequena
	159,44 - 220,59	1	Mediana
	220,60 - 292,66	2	Moderadamente grande
	292,67 - 556,92	2	Grande
USO DA TERRA	Áreas naturais	0	Pequena
	Áreas antropizadas	1	Mediana
EUPS (t/ha.ano)	0 - 26,25	0	Pequena
	26,26 - 107,75	0	Moderadamente pequena
	107,76 - 282,72	1	Mediana
	282,73 - 666,36	2	Moderadamente grande
	666,36 - 3.965	2	Grande

Após a reclassificação dos valores a operação algébrica foi realizada conforme a equação (1):

$$VSA = (\text{pop\_reclass} + \text{pess\_s\_r\_reclass} + \text{uso\_reclass} + \text{USLE\_reclass}) \quad (1)$$

em que VSA é a vulnerabilidade socioambiental (adimensional), pop\_reclass é a contribuição da população (adimensional), pess\_s\_r\_reclass é a contribuição das pessoas sem renda (adimensional), uso\_reclass é a contribuição do uso da terra (adimensional) e USLE\_reclass é a contribuição da erosão do solo estimada pela EUPS (adimensional).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O resultado da equação foi uma matriz com os valores variando de 0 a 7, sendo que, quanto mais próximos de zero menor seria a contribuição dos fatores à vulnerabilidade socioambiental e quanto mais próximo de sete maior seria esta contribuição. Estes valores reagrupados em 5 classes temáticas retratam a qualificação dada aos graus de vulnerabilidade socioambiental conforme representado na Figura 2.

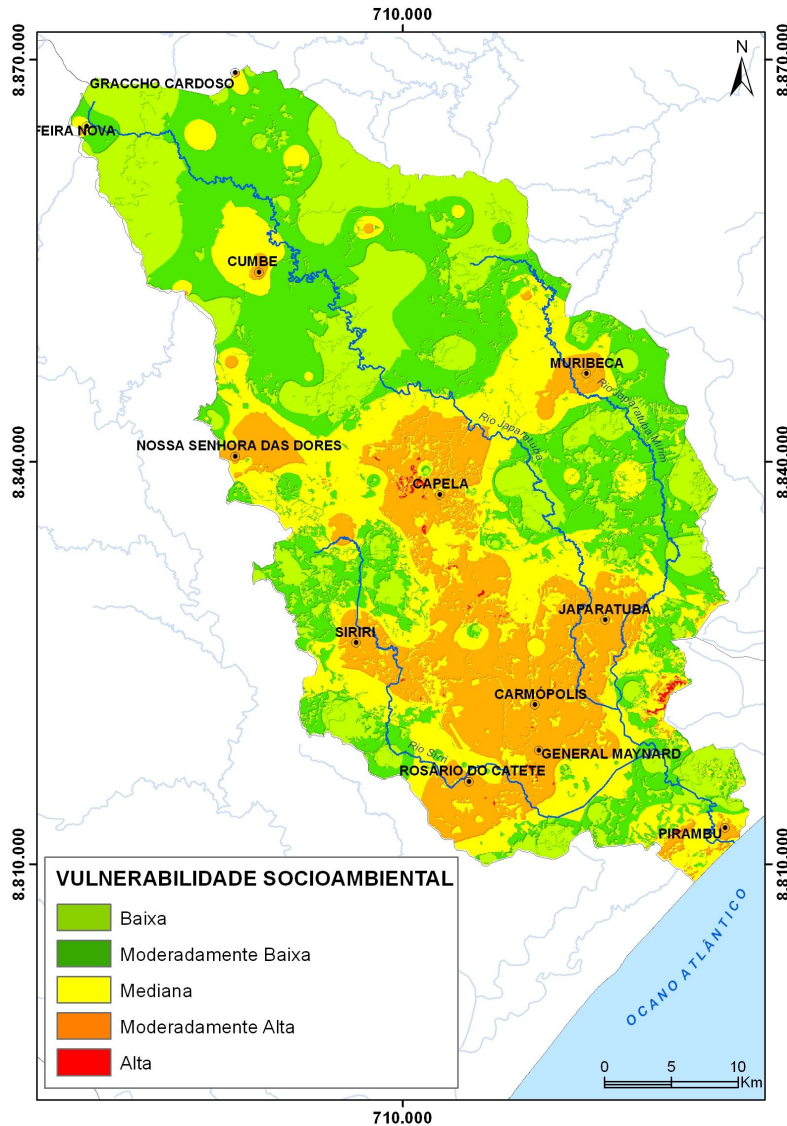


Figura 2 – Vulnerabilidade Socioambiental (VSA) na bacia do rio Japarutuba-SE

Os resultados mostraram que 28,12% da área total da bacia foi classificada com VSA Moderadamente Alta. Esta categoria está associada às áreas de maior concentração populacional e onde existe um número maior de pessoas sem qualquer rendimento fixo mensal. Estas são áreas mais antropizadas que coincidem, principalmente, com as sedes urbanas de alguns municípios e seus respectivos entornos - Carmópolis, Pirambu, General Maynard, Japarutuba, Rosário do Catete, Siriri, Capela, Nossa Senhora das Dores, Muribeca e Cumbe - e com áreas de cultivos agrícolas associados a solos expostos. Porções

significativas dessas áreas estão associadas à exploração de petróleo, no município de Carmópolis, e a de potássio, no município de Rosário do Catete. Parte da borda sudeste da bacia e alguns trechos pequenos no município de Capela, onde a EUPS demonstrou os maiores valores de perda de solos por erosão, foram classificadas como áreas com Alta VSA. Esses trechos, porém, restringem-se a cerca de 0,17% da área total da bacia. A VSA decresce gradativamente à medida que se afasta destes núcleos de concentração, principalmente à montante, na parte setentrional da bacia. A partir daí as classes variaram de Baixa (23,71% de área) a Moderadamente Baixa (31,51%) e Mediana (16,49%). Nessas regiões, apesar de serem registradas as maiores elevações (em torno de 250m), prevalecem os setores censitários tipicamente rurais com menor população e pessoas sem renda. O uso da terra está relacionado essencialmente à agropecuária, sendo que são encontradas áreas ainda naturais, com floresta estacional e caatinga arbustiva arbórea, o que favorece a cobertura do solo, diminuindo perdas por erosão. Assim, considerando as variáveis analisadas no cálculo algébrico, percebe-se que a maior extensão de áreas mais vulneráveis concentra-se na região do médio curso da bacia e alguns trechos já próximos à foz do rio, por serem regiões de maior ocupação populacional sem renda fixa mensal e por coincidir com alguns trechos onde a perda de solo por erosão apresentou-se elevada, comparada com o restante da bacia.

**CONCLUSÕES:** A álgebra de mapas demonstrou ser uma ferramenta eficaz na análise integrada de variáveis ambientais e socioeconômicas selecionadas para avaliar a vulnerabilidade socioambiental na bacia do rio Japarutuba. A execução dos procedimentos metodológicos apresentou um quadro de vulnerabilidade que varia de baixa à alta, sendo que, a maior parte dela encontra-se no estágio de VSA moderadamente baixa (31,51%) seguida pela classe moderadamente alta (28,12%). Por essa avaliação preliminar pode-se afirmar que a bacia não apresenta grandes impactos decorrentes da expansão urbana acelerada, o que não impede que tais efeitos venham surgir no futuro. O avanço das áreas de VSA moderadamente alta poderá elevar o grau de degradação pelo aparecimento de novas áreas degradadas e pela expansão das já existentes, o que poderá causar impactos negativos à população. Partindo-se da metodologia adotada, outras variáveis podem ser incluídas em análises futuras a fim de aprofundar os resultados obtidos e propor cenários de manejo e conservação para a bacia do rio Japarutuba.

#### **REFERÊNCIAS:**

- ARAGÃO, R. de; ALMEIDA, J. A. P. Avaliação espaço temporal do uso do solo na área da bacia do Rio Japarutuba –Sergipe através de imagens LANDSAT. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 4, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2009, p. 1231-1238.
- FONTES, A. L. **Caracterização Geoambiental da Bacia do Rio Japarutuba (SE)**. 1997, 298p. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Rio Claro. 1997.
- HALIM, R.; CLEMENTE, R. S.; ROUTHAY, J. K.; SHRESTH, R. P. Integration of biophysical and socio-economic factors to assess soil erosion hazard in the upper Kaligarang watershed, Indonesia. **Land Degradation & Development**, Wiley InterScience, n. 18, p. 453-469, 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados do Censo Demográfico 2010**. 2011. Disponível em: <[http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados\\_do\\_censo2010.php](http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados_do_censo2010.php)>. Acesso em Jun. 2012.
- JACOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. In: XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 11, 2006, Caxambu. **Anais...** Belo Horizonte, Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 2006.
- MENEGOL, L.R. **Paralelização de método de interpolação de dados: krigagem**. 2004, 77 p. Monografia (Curso de Ciência da Computação), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2004.
- MOSER, C. The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies. **World Development**, New York, v. 26, n. 1, 1998.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Atlas Digital de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe**. Aracaju, SEMARH, 2011. 1 DVD-ROM.