

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL EM ÁREAS DE RISCO EROSIVO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JABOATÃO – PE

Paulo Gabriel Soares da Silva ¹
Marcelo Ricardo Bezerra de Miranda ²
Manuella Vieira Barbosa Neto ³

INTRODUÇÃO

No Brasil, desde o século passado, verifica-se que ocorreu um aumento demográfico considerável (MAIOR; CÂNDIDO (2014); MOURA; FERREIRA (2023)). Esse aumento gerou um processo de ocupação urbana que levou a uma concentração populacional em determinados espaços, que, hoje, configuram-se como as regiões metropolitanas. Essas regiões estão localizadas principalmente no litoral brasileiro, devido ao processo de ocupação histórica do território nacional, que se iniciou, primeiramente, pela zona litorânea (DESCHAMPS, 2009).

No entanto, verifica-se que esse processo de ocupação, que ocorreu no Brasil, não contemplou projetos de moradias populares nas áreas urbanizadas, o que levou ao grupo social mais desfavorecido de recursos financeiros a ocupar aquelas áreas que são mais susceptíveis a determinados eventos ambientais (JORGE, 2011). De acordo com Marques et al. (2017), a partir da abordagem socioambiental, onde realiza-se uma análise baseada na articulação entre sociedade e ambiente, observa-se que riscos e problemas ambientais estão presentes em todo o espaço geográfico.

A vulnerabilidade, segundo Macedo et al. (2018) e Marandola Jr. e Hogan (2006), mede a capacidade de cada indivíduo para se planejar, defender, suportar e dispor de habilidades de recuperação quando exposto a um perigo. Além disso, a vulnerabilidade envolve um conjunto de fatores que a vida de um indivíduo ou grupo social é colocada em risco por um determinado evento (MAIOR; CÂNDIDO, 2014). A vulnerabilidade socioambiental é compreendida como a sobreposição de problemas e riscos, tanto na esfera ambiental como social, que estão em determinadas áreas, espalhadas pelo espaço urbano brasileiro (MALTA; COSTA, 2021).

Sendo assim, Maior e Cândido (2014) afirmam que, para estudar a vulnerabilidade socioambiental, a expansão das cidades brasileiras em direção às áreas periféricas deve ser

¹Técnico em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Pernambuco/Recife, pgss@discente.ifpe.edu.br

² Prof. MSc. do curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Pernambuco/Recife. marcelomiranda@recife.ifpe.edu.br

³ Prof^a. Dr^a do Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Pernambuco/Recife, manuellaneto@recife.ifpe.edu.br;

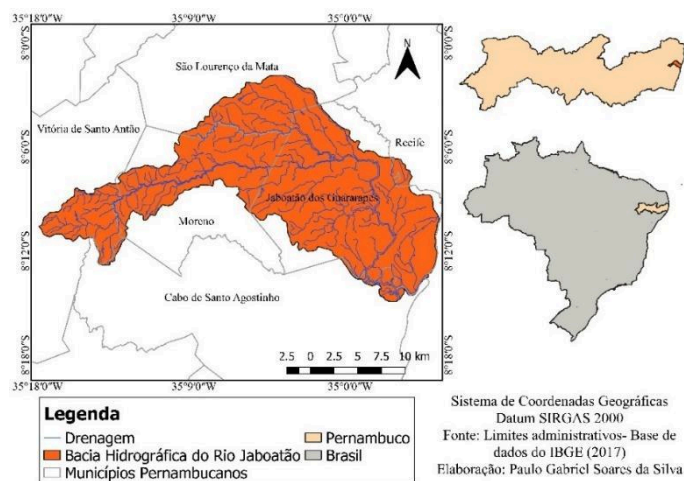
levada em consideração, uma vez que esse processo levou as pessoas mais pobres a ocuparem áreas que possuem péssimas condições de infraestrutura e que são susceptíveis a eventos ambientais danosos, como inundações e deslizamentos de terra. Nesse sentido, o estudo sobre a vulnerabilidade socioambiental pode servir de suporte para o poder público adotar medidas que amenizem as problemáticas socioambientais.

De acordo com Deschamps (2009), na Região Metropolitana do Recife (RMR), onde a maior parte da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão - PE está localizada, há áreas que foram ocupadas de modo desordenado e que possuem a probabilidade de ocorrência de eventos danosos. Dentre esses eventos, pode-se destacar para área de estudo os eventos erosivos, os quais, para Oliveira (2019), são influenciados por dinâmicas ambientais e socioeconômicas. Nesse sentido, essa pesquisa teve por objetivo analisar a vulnerabilidade socioambiental a processos erosivos da área da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão – PE.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão (BHRJ) está localizada na Zona da Mata centro e no Litoral do estado de Pernambuco, entre as coordenadas 08° 03' 0" e 08° 14' 0" de latitude sul e 34° 59' 0" e 35° 15' 30" de longitude oeste e drena uma área de 422 km² (Figura 1).

Figura 1- Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco



Fonte: Os autores (2024).

Perpassa um total de seis municípios, que são Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Recife, São Lourenço da Mata e Vitória de Santo Antão e estima-se que possui uma população de 450.000 habitantes (CPHR, 2016). É uma área que possui clima Tropical quente e úmido, com precipitação anual em torno de 1800 mm, concentradas

principalmente no outono-inverno. A classe de uso e cobertura da terra predominante é “Lavoura Temporária e pastagem” (SOUZA, 2019).

Para análise da Vulnerabilidade socioambiental na Bacia hidrográfica do Rio Jaboaão foram utilizadas as metodologias descritas por Goerl, Kobiyama e Pelerin (2012) e Marques et al. (2017), com as adaptações que se fizeram necessárias. Inicialmente, foi aplicado o cálculo do índice de vulnerabilidade social (IVS). Para isso, ocorreu a aquisição de dados socioeconômicos referentes aos setores censitários disponibilizados na base de dados do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os dados detalhados mais recentes disponíveis são do ano de 2010. Nos limites da Bacia do Rio Jaboaão, foram encontrados 813 setores censitários, no entanto, na base do IBGE, 27 setores não possuíam dados para o cálculo do IVS. Desses dados, foram extraídos oito parâmetros considerados relevantes para a elaboração do IVS: densidade demográfica, número de moradores no setor, média de moradores por domicílio, porcentagem da população > 65 anos, porcentagem da população < 12 anos, porcentagem de pessoas analfabetas acima de 12 anos, porcentagem de responsáveis sem rendimento e porcentagem de responsáveis com rendimento até 1 salário-mínimo (o salário-mínimo, em 2010, era de, aproximadamente, US\$342,00).

Os dados coletados foram padronizados, segundo os procedimentos descritos por Fritzsche et al. (2014), em uma escala de 0 a 1, em que o zero (0) significa que, para um determinado indicador, o sistema não necessita de melhoria, já o um (1) vai indicar que, para um determinado indicador, o sistema não funciona. No presente trabalho, a série de dados foi dividida em cinco classes de vulnerabilidade: baixa, média-baixa, média, média-alta e alta. Após essa etapa, foram gerados mapas, no software Qgis, para cada indicador supracitado. Em seguida, os dados socioeconômicos dos setores censitários padronizados foram somados e ponderados pelo índice de desenvolvimento humano (IDHM). Com isso, obtém-se o índice de vulnerabilidade social.

Depois de calculado o IVS, foi necessário identificar a susceptibilidade à erosão da área de estudo. Para isso, seguiu-se a metodologia descrita por Marques et al. (2017), com algumas adaptações necessárias. Foram analisados os parâmetros ambientais: hipsometria, declividade, uso e cobertura da terra e Pedologia. A hipsometria e declividade da área de estudo foram obtidas a partir do Modelo digital de Elevação (MDE) – TOPODATA (VALERIANO; ROSSETTI, 2012). As classes de declividade seguiram a classificação da EMBRAPA (SANTOS et al., 2005). Os dados referentes aos tipos de solo presentes na bacia

foram obtidos a partir dos dados do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE (SILVA et al., 2001). O arquivo para realizar a análise do Uso e Cobertura da terra foi obtido a partir do trabalho de Souza (2019). Após o mapeamento dos parâmetros, de forma individualizada, foi necessário realizar uma análise quantitativa da importância de cada um, para ocorrência de processos erosivos. Para isso, utilizou-se o método de análise AHP (Analytic Hierarchy Process) (SAATY, 1977). Por meio desse método, primeiramente, foi realizada a atribuição de pesos para cada parâmetro analisado, por meio de uma matriz de comparação, a qual foi elaborada com base em uma escala de comparação de importância, para que o grau de subjetividade fosse diminuído. É necessário que essa matriz de comparação obtenha uma Razão de Consistência (RC) menor que 0,1. No presente trabalho, a RC foi igual a 0,054. Em um segundo momento, foram atribuídas cargas para as variáveis que compõem cada parâmetro (Quadro 1).

Quadro 1 – Atribuição de pesos e cargas para os parâmetros socioambientais

Parâmetro	Variável	Carga	Peso
Hipsometria (m)	0 – 100	1	0,048
	100 – 200	3	
	200 – 300	5	
	300 – 400	8	
	400 – 445	10	
Declividade (%)	Plano (0 a 3%)	1	0,377
	Suave Ondulado (3 a 8%)	3	
	Ondulado (8 a 20%)	6	
	Forte ondulado (20 a 45%)	8	
	Montanhoso (45 a 75%)	9	
	Escarpado (Acima de 75%)	10	
Pedologia	Argissolo Amarelo	8	0,145
	Argissolo Vermelho-amarelo	8	
	Espodossolo Ferri-humilúvico	4	
	Gleissolo Háptico	5	
	Latossolo Amarelo	4	
	Neossolo litólico	7	
	Neossolo quartzarênico	4	
	Solo indiscriminado de Mangue	3	
	Área Urbana/Espodossolo	4	
	Área Urbana/Latossolo	4	
Uso e Cobertura da terra	Área Florestal	1	0,431
	Área Urbana	6	
	Centro de Tratamento de Resíduos (CTR)	6	
	Lavoura temporária	6	
	Manguezal	5	
	Mineração	8	
	Pastagem	5	

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Em seguida, foi realizado o cálculo da susceptibilidade à erosão da área, no Qgis (Equação 1). $Susceptibilidade\ à\ erosão = 0,048 \times H + 0,377 \times D + 0,145 \times P + 0,431 \times Uso$ (1). Onde: “H” é o valor da hipsometria, “D” corresponde à declividade, “P” equivale à

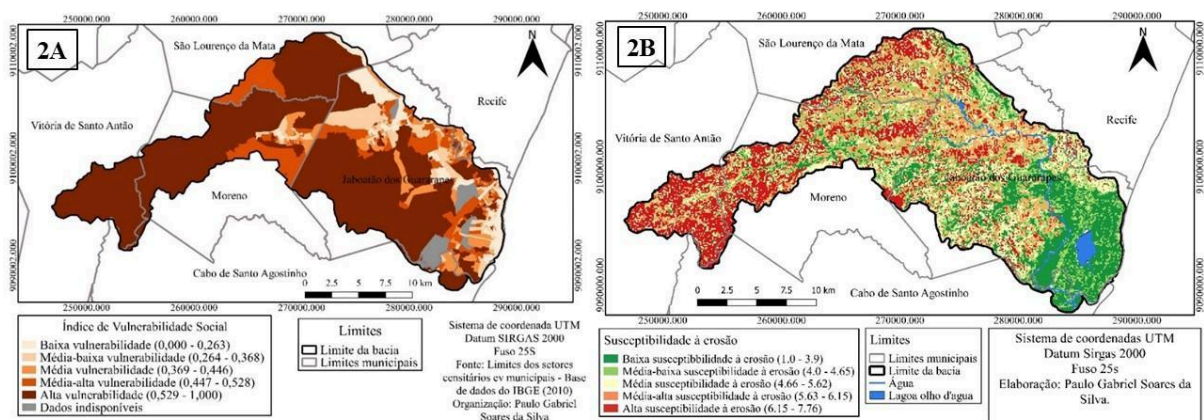
pedologia e “Uso” se refere ao uso e cobertura da terra. O arquivo resultante da álgebra de mapas foi classificado em cinco classes de susceptibilidade: baixa, média-baixa, média, média-alta e alta.

Por fim, o IVSA foi calculado. Para isso, os mapas resultantes dos cálculos anteriores (IVS e Susceptibilidade à erosão) foram reclassificados em uma escala que varia de 1 a 5, em que 1 representa a classe mais baixa para a vulnerabilidade/susceptibilidade, e 5 representa a classe mais alta para a vulnerabilidade/susceptibilidade. Em seguida, foi realizado o cálculo descrito pela equação 2. $IVSA = 0,5 \times IVS + 0,5 \times \text{Susceptibilidade à erosão}$ (2). Onde: “IVSA” corresponde ao Índice de Vulnerabilidade Socioambiental e “IVS” equivale ao Índice de Vulnerabilidade Social. Vale ressaltar que os valores de 0,5 indicam que o IVS e a Susceptibilidade à erosão possuem 50% de influência para o cálculo do IVSA. Após calculado, gerou-se um arquivo, em cinco classes de ocorrência baixa, média-baixa, média, média-alta e alta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao verificar os resultados relacionados a vulnerabilidade social da área estudada, observa-se que a maior parte da BHRJ é enquadrada na classe alta. De acordo com os dados obtidos, cerca de 66% da área da bacia pode ser classificada com Alta vulnerabilidade social. Com a análise da distribuição espacial dos dados, ficou evidenciado que a classe de Alta Vulnerabilidade Social predomina da área do alto curso da bacia até o médio curso, sobretudo nas áreas rurais (Figura 2A). E ao analisar a distribuição espacial dos setores, verificou-se que há uma relação direta entre os setores que apresentam altas taxas de pessoas analfabetas e aqueles que apresentem carência de rendimento.

Figura 2 – Mapeamentos da vulnerabilidade social e suscetibilidade erosiva da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco. 2A - Índice de Vulnerabilidade Social e 2B – Índice de suscetibilidade erosiva

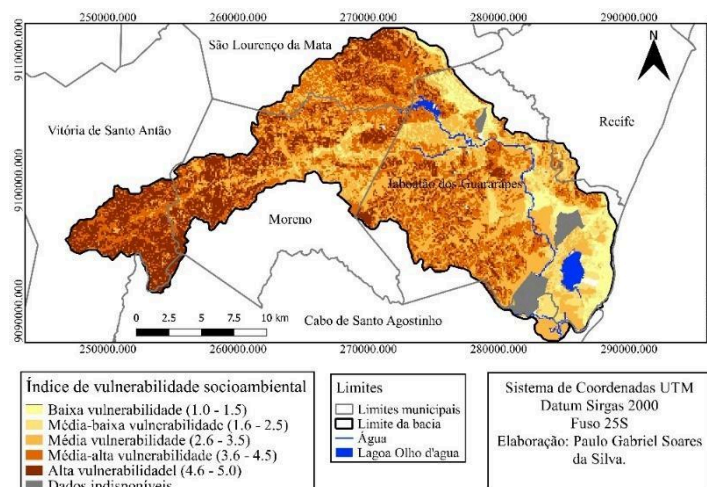


Fonte: Os autores (2024)

De acordo com a análise da susceptibilidade à erosão da área estudada, foi verificado que existe uma predominância das classes de Média, Média-alta e Alta ao longo da BHRJ (Figura 2B). Essas classes de vulnerabilidade somadas representam mais de 55% da área total da bacia. Observou-se que as maiores susceptibilidades a erosão estão situadas em áreas de maiores declividades. Em áreas onde a declividade é mais acentuada, sob as mesmas condições de precipitação e solo, menor será o volume de água que vai conseguir infiltrar no solo (TORRI e POESEN, 2014). Pode-se verificar que, nas áreas com maiores susceptibilidades, existem solos que apresentam uma maior suscetibilidade à erosão. Dessa forma, no alto curso da bacia, são encontrados, predominantemente, os solos do tipo Argissolo, os quais, apresentam uma diferença considerável de textura entre os horizontes A e B, o que vai provocar uma maior dificuldade de infiltração de água no perfil, favorecendo a ocorrência de processos erosivos (SILVA et al., 2001). Outro ponto importante a se destacar é o fato de que, nessa área, há classes de uso e cobertura da terra mais susceptíveis à erosão, sendo um uso intensivo com lavoura temporária (Cana-de-açúcar) e pastagens (SOUZA, 2019).

No cálculo da Vulnerabilidade Socioambiental, identificou-se que as classes Média e Média-alta vulnerabilidade são aquelas que predominam na Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão (Figura 3). Essas classes representam, juntas, cerca de 60% da área total da bacia. Além disso, é válido destacar que a classe de Alta Vulnerabilidade tem um percentual expressivo (18,62%).

Figura 3 – Vulnerabilidade Socioambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão, no Litoral e Zona da Mata centro de Pernambuco.



Fonte: Os autores (2024).

As áreas da BHRJ que apresentam maiores problemáticas referentes as questões socioambientais se concentram do alto ao médio curso da bacia (Figura 3). Padilla y Sotelo e Azevedo (2019) indicam que, o Zoneamento Geoambiental é capaz de demonstrar as dinâmicas mais complexas entre elementos naturais e sociais, e ajuda a identificar as áreas de risco que necessitam da elaboração de políticas públicas. Nesse sentido, verificou-se que os locais com vulnerabilidade socioambiental elevada são áreas com um desenvolvimento socioeconômico baixo e as condições ambientais desses locais não fornecem uma segurança considerável para o enfrentamento dos riscos. Considerando o contexto de mudanças climáticas, é necessário que essas áreas recebam uma maior atenção do poder público, para a mitigação dos efeitos adversos provenientes desses riscos, como perdas materiais e, sobretudo, perdas humanas (BAI et al., 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da vulnerabilidade social, permitiu identificar que em 66% da área da bacia hidrográfica do rio Jaboatão os setores censitários apresentaram uma alta vulnerabilidade social. Os indicadores Pessoas analfabetas, Carência de Rendimento e Dependentes foram os que mais influenciaram para essa elevada vulnerabilidade. A análise do potencial erosivo da área permitiu verificar que existe uma predominância das classes que variaram de média a alta susceptibilidade erosiva. Ademais, é válido salientar que os parâmetros ambientais que mais impactaram no cálculo foram Declividade e Uso e Cobertura da Terra.

Observou-se que a BHRJ, quanto à vulnerabilidade socioambiental, decorrente da possibilidade de eventos erosivos, é uma área em que predominam as classes que variam de média a média - alta vulnerabilidade, abrangendo cerca de 60% do seu território. Nessa lógica, é notório que a área carece de atenção do poder público, sendo necessárias políticas públicas eficazes para a amenização de problemas socioambientais.

Palavras-chave: Suscetibilidade; Erosão; Problemas socioambientais; Geoprocessamento; Análise hierárquica de processos.

REFERÊNCIAS

- Bai, X.; Dawson, R. J.; Urge-Vorsatz, D.; Delgado, G. C.; Barau, A. S.; Dhakal, S.; Dodman, D.; Leonardsen, L.; Masson-Delmotte, V.; Roberts, D.; Schultz, S. Six research priorities for cities and climate change. *Nature*, 27 de fev. de 2018. 23-25p.
- CPRH, Agência Estadual de Meio Ambiente. **Grupo de pequenos rios litorâneos- GL2**. In: Relatório de monitoramento da qualidade da água de bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. Diretoria de gestão territorial e recursos hídricos, governo de Pernambuco, 2016.

- DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade socioambiental nas regiões metropolitanas brasileiras.** Brasília, Relatório de atividades do Observatório das Metrôpoles. Convênio Ministério das Cidades/Observatório das Metrôpoles/Fase/Ipardes. 2009.
- FRITZSHE, Kerstin et al. **The Vulnerability Sourcebook: concept and guidelines for standardised vulnerability assessments.** [S.I]: Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit (Giz) Gmbh, 2014. 180 p.
- GOERL, R. F.; KOBİYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de rio negrinho sc. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 81-100, 21 jun. 2012. Universidade Estadual de Maringá.
- JORGE, M. C. O. Geomorfologia Urbana: Conceitos, Metodologias e Teorias. In: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia Urbana.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 280p.
- MAIOR, M. M. S.; CANDIDO, G. A. Avalia o das metodologias brasileiras de vulnerabilidade socioambiental como decorrência da problemática urbana no Brasil. **Cad. Metrop.**, São Paulo v. 16, n. 31, p. 241-264, jun. 2014.
- MACEDO, Y. M. Contribui es do Geoprocessamento para estudos de risco e vulnerabilidade socioambiental em Natal/RN, Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, n. 2, p. 44-62, 31 jul. 2018.
- MALTA, F. S.; COSTA, E. M. Socio-Environmental Vulnerability Index: An Application to Rio de Janeiro-Brazil. **Int J Public Health**, 66: 584308. 2021.
- MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D.J. **As dimensões da vulnerabilidade.** São Paulo em Perspectiva, São Paulo, Funda o Seade, v. 20, n. 1, p. 33-43, jan./mar. 2006.
- MARQUES, M. L.; SILVA, M. C.; DE CAMARGO, D. M. Análise geoespacial no mapeamento da vulnerabilidade socioambiental em Campinas, SP. **Revista Brasileira de Cartografia.** Rio de Janeiro, v. 69, n. 9, p. 1857-1870, 8 ago. 2017.
- MOURA, R.; FERREIRA, G. **Fronteiras do Brasil: primeiros resultados do censo demográfico 2022.** Nota técnica – Brasília. 1  edic o. Instituto de Pesquisa Econ mica Aplicada (Ipea). 2023.
- OLIVEIRA, I. V. A. de. **Análise de riscos erosivos na bacia hidrográfica do rio Jaboatão – PE.** 54 f. TCC (Gradua o) - Curso de Licenciatura em Geografia, Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2019.
- PADILLA Y SOTELO, L. S.; AZEVEDO, D. La ciudad Puerto de Salina Cruz, México: escenarios de vulnerabilidad socioambiental. **Geo UERJ**, [S.I.], n. 35, p. e40477, dez. 2019. ISSN 1981-9021.
- SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234- 281, 1977.
- SANTOS, R. D. et al. **Manual de descri o e coleta de solo no campo.** 5. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005. 100 p.
- SILVA, F. B. R. et al. **Zoneamento Agroecológico de Pernambuco - ZAPE.** Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execu o de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife; Governo do Estado de



Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária). (Embrapa Solos. Documentos; no. 35). ZAPE Digital, CD-ROM. 2001.

SOUZA, Deivid Damiano Roque de. **Análise espaço-temporal do uso da terra da bacia hidrográfica do rio Jaboatão - PE**. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Geografia, Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

TORRI, D.; POESEN, J. A review of topographic threshold conditions for gully head development in different environments. **Earth-Science Reviews**, v. 130, p. 73-85, 2014.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**. v.32, p. 300- 309, 2012