



ISSN: 2525-815X

# Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: [www.jeap.ufrpe.br/](http://www.jeap.ufrpe.br/)

10.24221/jeap.3.2.2018.1804



## Modelo de diagnóstico de risco de inundações em área urbana na Zona da Mata de Pernambuco, Brasil

### Model of flood risk assessment in an urban area in the Zona da Mata de Pernambuco, Brazil

Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena<sup>a</sup>, Daniel Morais de Sobral<sup>a</sup>, Alex Souza Lira<sup>c</sup>, Alex Souza Moraes<sup>a</sup>, Fernando Cartaxo Rolim Neto<sup>a</sup>, Romildo Morant de Holanda<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Departamento de Tecnologia Rural, Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife-PE, CEP: 52171-900. E-mail: [emmanuelle@lorenas.com.br](mailto:emmanuelle@lorenas.com.br), [dmsobral@hotmail.com](mailto:dmsobral@hotmail.com), [xela\\_sl@hotmail.com.br](mailto:xela_sl@hotmail.com.br), [alexsm75@hotmail.com](mailto:alexsm75@hotmail.com), [fernandocartaxo@yahoo.com.br](mailto:fernandocartaxo@yahoo.com.br), [romildomorant@gmail.com](mailto:romildomorant@gmail.com).

#### ARTICLE INFO

Recebido 16 Jan 2018

Aceito 27 Fev 2018

Publicado 06 Abr 2018

#### ABSTRACT

The absence of delimitations of vulnerable areas to the occurrence of natural phenomena with the potential to cause environmental impacts is related to natural and anthropic factors caused by hydro-meteorological risks, such as flooding, can cause damages in urban areas. The objective of this study was to identify a simplified model to determine urban areas with flood risks caused by irregular occupations of the Permanent Preservation Area. The study area was on the banks of the River Tapacurá, in the municipality of Vitória de Santo Antão, Pernambuco. An area of 54.48 ha was selected by flood characteristics during periods of high precipitation and be intersected by the River Tapacurá. Historical research was carried out to identify occurrences of flood risks and produce photographic reports to checking the condition of the preservation of forests. A level curve map was made to permit the calculation of flood areas and to determine the number of buildings in the area. It was observed the deforestation in the riparian forests of the protected margins, preventing the flow of water during periods of high precipitation, causing great floods and disasters for the resident population.

**Keywords:** Drainage, flood, irregular occupation, sanitation.

#### RESUMO

A ausência de delimitações de áreas vulneráveis à ocorrência de fenômenos naturais com potencial de causar impactos ambientais relaciona-se a fatores naturais e antrópicos provocados por riscos hidrometeorológicos, como as inundações, podem provocar danos em áreas urbanas. O objetivo do estudo foi identificar um modelo simplificado para determinar áreas urbanas com riscos de inundação causadas pelas ocupações irregulares da Área de Preservação Permanente (APP). A área de estudo foi localizada às margens do rio Tapacurá, no município de Vitória de Santo Antão, Pernambuco. Uma área de 54,48 ha foi selecionada por apresentar inundação em períodos de altas precipitações e ser cortada pelo rio Tapacurá. Realizou-se uma pesquisa histórica para identificação de ocorrências de riscos de enchentes e confecção de relatos fotográficos registrando a condição de preservação das matas. Foi elaborado um mapa de curva de nível para cálculo das áreas inundáveis, para determinar a quantidade de edificações na área. Observou-se o desmatamento nas matas ciliares das margens protegidas, impedindo o escoamento de água em período de altas precipitações, ocasionando grandes inundações e desastres para as populações residentes.

**Palavras-Chave:** Drenagem, enchente, ocupação irregular, saneamento.

#### Introdução

A vulnerabilidade dos sistemas sociais e econômicos relaciona-se a fatores naturais e

antrópicos provocados por riscos hidrometeorológicos, como as inundações (Nascimento, Filgueira & Silva, 2013).

O desenvolvimento desordenado originado em 1950 no Brasil, por modernização e avanços tecnológicos na agricultura provocou impactos ao meio ambiente, em decorrência das demandas básicas de moradia, necessidades de infraestrutura para as atividades produtivas e serviços públicos (Martins, 2012).

Para a definição da área de implantação de uma atividade comercial, industrial e residencial devem-se observar os riscos ecológicos relacionados à utilização das áreas em adequação às leis de zoneamento e de uso e ocupação do solo e de preservação de matas e de corpos hídricos. Um ponto a ser observado na identificação da área a ser ocupada, é a verificação dos riscos de inundações e deslizamentos (Dias et al., 2008).

Atualmente no município de Vitória de Santo Antão no Estado de Pernambuco ocorre crescimento econômico por causa dos investimentos na área industrial, com elevação da população urbana e decréscimo da população rural (Melo, 2012). Porém, a incidência da pobreza no município apresenta-se elevada, através do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,4988 (Brasil, 2013), considerada por Melo (2012) como situação intolerável. Aliadas a esse fato estão às carências em infra-estrutura da poluição, a exemplo de saneamento básico.

A ausência de serviços básicos no município de Vitória de Santo Antão compromete a qualidade da água dos rios que cortam a cidade, pelas ações antrópicas. A presença de lixo e Resíduos de Construção e Demolição (RCD) às margens do rio, lançamento de esgoto doméstico, efluentes industriais clandestinos diretamente no corpo hídrico, e o carreamento de fertilizantes agrícolas e pesticidas, tanto no período chuvoso como na estiagem geram a degradação com a poluição do rio e de suas áreas protegidas (Melo, 2012).

Segundo o Código Florestal, Lei federal nº. 12.651, de 25 de maio de 2012, as áreas protegidas

são denominadas como Áreas de Preservação Permanentes (APP), sendo fundamental a preservação e recuperação da vegetação natural situada ao longo dos rios ou qualquer curso d'água e as faixas marginais dos rios, de outros cursos d'água e dos locais de declives (Brasil, 2012).

O principal rio do município de Vitória de Santo Antão é o Tapacurá, que possui 38,6% da área de drenagem nessa cidade, cortando também outros cinco municípios (Melo, 2012). Esse rio possui 76,2 km de extensão, área de drenagem com cerca de 470 km<sup>2</sup> desde a sua nascente, no município de Gravatá, até a sua desembocadura, no município de São Lourenço da Mata (Santos et al., 2014). A vazão média é de 6,1 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> e a máxima é de 50,7 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, em períodos chuvosos, o que provoca inundações em área de altitudes baixas (Melo, 2012).

O estudo objetivou identificar um modelo simplificado para o reconhecimento de riscos de inundação em área urbana, como consequência de ocupação irregular de Área de Preservação Permanente (APP) às margens do rio Tapacurá, no município de Vitória de Santo Antão-PE.

## Material e Métodos

### Área de estudo

O município de Vitória de Santo Antão ocupa 371 km<sup>2</sup>, com altitude aproximada de 156 m (Azevedo et al., 2015). Segundo Melo (2012), o clima do município caracteriza-se como tropical chuvoso com verão seco, com precipitação média anual de 1.309,9 mm.

O estudo foi desenvolvido em uma área de 54,48 ha, escolhida por apresentar inundação em períodos de altas precipitações e ser cortada pelo rio Tapacurá, delimitado por duas pontes P1 e P2, no município de Vitória de Santo Antão, situado na Zona da Mata do estado de Pernambuco, Brasil (Figura 1).

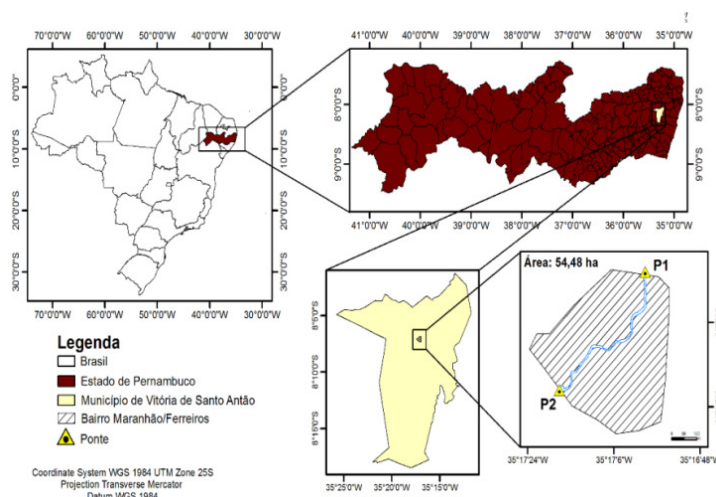


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, no município de Vitória de Santo Antão-PE.

Utilizaram-se resultados históricos para identificação de ocorrência de riscos de inundações na área, através de relatos fotográficos.

Foi realizada a verificação do atendimento à preservação das matas ciliares pela aplicação da Lei do Código Florestal de 2012, através da demarcação de pontos para medição, em mapa, a cada 100 m da margem do rio, utilizando-se o Google Earth Pro para o cálculo das distâncias entre as margens e das áreas de proteção definidas pela lei, além da área de interferência pela presença de moradia na área de estudo.

Utilizando o Google Earth Pro, foram levantadas as coordenadas e as altitudes de 600

pontos na área para a elaboração de mapas de curva de nível com o *software* Surfer, geoprocessando os dados para as possíveis áreas inundáveis, gerando o cálculo da quantidade de edificações em regiões de risco, como forma de identificação de possíveis inundações.

### Resultados

Foram identificados oito locais de inundação na área de estudo; os pontos visitados são áreas de várzeas com presença de edificações, diferenciadas em suas alturas (Figura 2).





Figura 2. Locais de inundação no município de Vitória de Santo Antão-PE, em maio de 2005: A. Coordenada:  $35^{\circ}17'10.43''\text{O}8^{\circ}7'2.36''\text{S}$ , altitude: 139 m; B. Coordenada:  $35^{\circ}17'11.00''\text{O}8^{\circ}7'2.23''\text{S}$ , altitude: 141 m; C. Coordenada:  $35^{\circ}17'12.61''\text{O}8^{\circ}7'2.24''\text{S}$ , altitude: 144 m; D. Coordenada:  $35^{\circ}17'14.90''\text{O}8^{\circ}7'3.17''\text{S}$ ; altitude: 144 m; E. Coordenada:  $35^{\circ}17'16.33''\text{O}8^{\circ}7'13.66''\text{S}$ ; altitude: 140 m; F. Coordenada:  $35^{\circ}17'17.16''\text{O}8^{\circ}7'12.31''\text{S}$ , altitude: 140 m; G. Coordenada:  $35^{\circ}17'17.38''\text{O}8^{\circ}7'12.21''\text{S}$ , altitude: 141 m; H. Coordenada:  $35^{\circ}17'3.24''\text{O}8^{\circ}6'50.88''\text{S}$ , altitude: 142 m. Fonte: Folha Vitoriense (2016) e Autor (2016).

O diagnóstico histórico possibilitou uma análise gráfica, evidenciando que até uma altitude de 144 m existe a possibilidade de inundações na área estudada. Através do geoprocessamento das imagens, utilizando escalas de cores, foram identificadas as diferenças de altitude, sendo as

cotas com menos de 138 m marcadas em tons de azul mais escuro, sinalizando o curso do rio. As cores em azul mais claro delimitam as áreas de possíveis alagamentos e enchentes, demarcadas até a cota de 144 m (Figura 3).

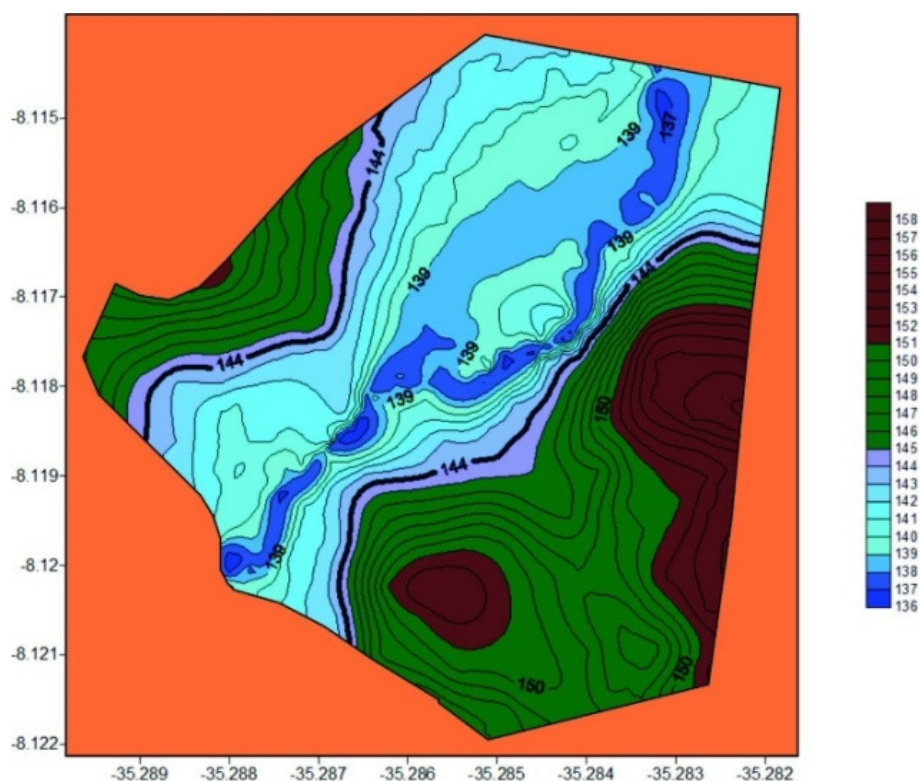


Figura 3. Representação das curvas de nível da área de estudo, no município de Vitória de Santo Antão-PE.

Com a delimitação da área sujeita a inundação, abaixo da cota 144 m, resultou em uma área de 24,7 ha, representando 50,29% da área estudada. Acima de 145 m, a possibilidade de inundação pode ser considerada restrita. Esses

resultados possibilitaram identificar uma Área de Preservação Permanente (APP).

A partir das curvas de nível, com a utilização do Google Earth Pro, com o mapa de 11/2015 em altura de observação entre 280 e 400 m, foi possível a visualização de ruas (Figura 4).



Figura 4. Mapa com levantamento das edificações em 11 de 2015, edificações com marcadores verdes, no município de Vitória de Santo Antão-PE.

Dessa forma, levantou-se o quantitativo de edificações localizadas, em relevo, com curvas de nível menores que 144 m, totalizando 282 unidades, sendo cinco consideradas de grande porte por representar atividade industrial ou grande comércio. Calculou-se, com a utilização de polígonos, uma área edificada de 13,15 ha, representando 29,35% da área estudada, detectando-se risco para a população residente no local. Saito (2011) afirma que uma análise capaz de retratar com maior riqueza os aspectos da vulnerabilidade é aquela que aborda o quantitativo de residências e locais de circulação de pessoas.

A taxa de ocupação do solo na área definida como APP, por ser inundável, foi calculada em 53,24%. Segundo Miranda (2015), eventos como esses, em muitos dos casos, são reflexos da forma

desorganizada da ocupação, respondendo, muitas vezes, ao reajustamento que a natureza promove, face à rapidez da mudança do ambiente no meio urbano. Em sua lei orgânica, o município não estabelece os limites. As APPs são áreas não edificáveis, em especial sujeitas a riscos ambientais (Videira, 2007), porém alguns municípios estabelecem limites para ocupação, a exemplo de Jacareí-SP, que limita a ocupação em 40% para áreas de várzea (Jacareí, 2005).

Como forma de identificar uma APP, utilizando-se a descrição do Código Florestal, no seu capítulo II, são utilizados os seguintes critérios, para áreas urbanas ou rurais: presença de faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, desde a borda da calha do leito regular do rio (Figura 4).



Figura 4. Mapa da identificação e medição da largura do rio em nove pontos, L1-L9, em 07/2006, com a faixa marginal seguindo critério do Código Florestal, para o município de Vitória de Santo Antão-PE.

Para o mês novembro de 2015 foram calculadas as distâncias das margens do rio de 100 em 100 m, conforme o Código Florestal (Brasil,

2012), para a delimitação das faixas marginais do rio e verificada a quantidade de edificações existentes nessas faixas (Figura 5).



Figura 5. Delimitações de faixas marginais do rio em trecho sob estudo, em julho de 2006, no município de Vitória de Santo Antão-PE. Fonte: Adaptado do Google Earth Pro (2016).

Foram calculadas as áreas de preservação de matas ciliares, comparando-se com o rio, em 11 de

2015, e com as margens do rio, em julho de 2006 (Quadro 1).

Quadro 1. Valores das larguras marginais, áreas preserváveis necessárias e área existente, em 2015, no município de Vitória de Santo Antão-PE.

Identificação	2006							2015	
	Largura rio (m)	Largura marginal a (código) (m)	Área a ser protegida (m <sup>2</sup> )					Área vegetada (m <sup>2</sup> )	Porcentagem de área vegetada
			Margem O	Margem L	Total	Margem O	Margem L	Total	
L1	25	50	6300	5700	12000	3631	1849	5480	45,7%
L2	18	50	4200	6200	10400	1956	5124	7080	68,1%
L3	15	50	6500	4300	10800	937	3640	4577	42,4%
L4	18	50	5500	7500	13000	2997	7345	10342	79,6%
L5	17	50	4900	5300	10200	1670	4268	5938	58,2%
L6	16	50	5900	5900	11800	1945	0	1945	16,5%
L7	13	50	5900	5300	11200	1993	1040	3033	27,1%
L8	58	100	11600	6200	17800	2945	1175	4120	23,1%
L9	42	50	4300	8700	13000	986	2708	3694	28,4%
Total					110200			46209	41,9%

Foi determinado um índice de degradação da APP correspondente a 58,1% da área total. Foram identificadas 115 unidades habitacionais às margens do rio, no trecho estudado, com área de ocupação de 1,0 ha, correspondendo a 9,09% de taxa de

ocupação em área de mata ciliar. Entretanto, o código florestal (2012) veta apenas as edificações com uma largura mínima de 15 m das margens (Brasil, 2012) (Quadro 2).

Quadro 2. Resumo das áreas levantadas por meio do Google Earth Pro (2006), no município de Vitória de Santo Antão-PE.

Definição	Área (ha)	Edificações (unid.)	Estudo 54,48 ha	APP definida por área inundável 27,4 ha	Edificações em APP inundável 13,15 ha	APP definida por matas ciliares 11 ha	Edificações em APP-matas ciliares 1,0 ha
Área estudada	54,48		100				
APP definida por área inundável (Cotas <144m)	27,40		50,29	100			
Edificações em APP inundável	13,15	282	24,14	29,35	100		
APP definida por matas ciliares	11,00		20,20	40,15	83,65	100	
Edificações em APP-matas ciliares	1,00	115	1,83	4,04	7,61	9,09	100

## Discussão

Uma das causas de inundações e enchentes é a ocupação irregular com edificações, em área imprópria e com infraestrutura insuficiente, onde a destinação dos esgotos domésticos é para os corpos hídricos locais. No estudo de Miranda (2015), realizado na mesma área, foi constatado que as atividades antrópicas estão sendo determinantes no processo de desequilíbrio, destacando que a construção da ponte, mesmo com o confinamento da pilastra no leito do rio, ocasionou o surgimento de banco de areia no centro do rio.

Segundo Duarte (2009), a bacia do rio Tapacurá apresenta predomínio de atividades rurais, com aumento de atividades urbanas nesse município. Este é um fato que não vem seguido por melhorias na infraestrutura e leis atuantes quanto ao uso e ocupação do solo, gerando problemas sérios de poluição no rio Tapacurá e seus afluentes, como também através da ocupação de suas margens (Duarte, 2009). O cuidado com a manutenção da vegetação nas matas ciliares e nas APPs torna-se essencial para a qualidade e quantidade dos recursos hídricos, diminuindo os gastos com o tratamento da água (Duarte et al., 2009).

As edificações encontradas na APP são consideradas como construções irregulares pela ausência de infraestrutura urbana, com ruas não pavimentadas e de pequeno porte, identificadas em visitas de campo. A identificação de área sujeita a inundações ocorre a partir de informações ambientais da área estudada por meio de relatos e informações históricas de situações pré-existentes, por características como relevo, clima, precipitações e diagnóstico ambiental da situação atual da área (Guimarães et al., 2009).

Com esses estudos é possível embasar as leis municipais de preservação e uso do solo, em especial APPs, fundamentando o trabalho de licenciamento de construções, evitando-se as construções irregulares que impactam fortemente o meio ambiente, através de fiscalização e preservação da integridade física e econômica da população em

áreas de riscos. Segundo Cruz & Costa (2012), as ações realizadas pelos órgãos públicos têm dependência da estrutura social regidas pelas leis de uso do solo urbano.

## Conclusão

A área estudada foi considerada degradada por ações antrópicas, através de construções irregulares, incidência de aterro com resíduos de construção e disposição incorreta de resíduos sólidos. Além disso, essas ações antrópicas acentuaram a degradação na região, ocasionando grandes inundações e desastre para as populações residentes nas áreas próximas ao rio Tapacurá. O desmatamento identificado, em especial nas matas ciliares das margens legalmente protegidas, impede o escoamento de água em períodos de altas precipitações.

Considerando que essa realidade ocorre em vários municípios brasileiros, faz-se necessária e urgente a utilização de ferramentas de monitoramento eficazes e utilização de um modelo de análise de vulnerabilidade que poderá ser incorporado ao planejamento urbano da cidade.

## Referência

AZEVEDO, D. S.; SILVA, H. P.; FABISAK, M. M.; CALDAS, K. F. R. 2015. Disposição de resíduos sólidos em áreas ciliares do rio Tapacurá no município de Vitória de Santo Antão, PE, Resíduos sólidos, Tecnologias limpas e Boas práticas.

BRASIL. 2013. Atlas de desenvolvimento humano do Brasil. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/home/> Acesso em: 18 de ago. 2016.

BRASIL. 2012. Presidência da República. Lei federal n. 12.651. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, de 25 de maio de 2012. Brasília, DF. Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 18 jul. 2016.

CRUZ, D. R.; COSTA, R. C. 2012. inundações em bacias hidrográficas urbanas de Manaus – comunidades bairro União e N. S. de Fátima. Revista Geonorte, Edição especial, v. 1, n. 4, p. 759-771.

DIAS, M. DO C. O.; PEREIRA, M. C. B.; DIAS, P. L. F.; VIRGÍLIO, J. F. 2008. Manual de impactos ambientais. 2ª edição, Fortaleza, CE, Banco do Nordeste, 322p.

DUARTE, C. C. 2009. Análise dos impactos das mudanças climáticas no escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio Tapacurá-PE, a partir da utilização de um modelo de balanço hídrico mensal semidistribuído Recife, PE. (Dissertação - Geografia). Universidade Federal de Pernambuco. 124p.

DUARTE, C. C.; SOUZA, S. F. de; GALVINIO, J. D.; MELO, I. D. F. 2009. Detecção de mudanças na cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Tapacurá, PE, através da análise por componentes principais Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, RN, pp. 5785-5772.

FOLHA VITORIENSE. Blog. Disponível em: <http://folhavoriense.blogspot.com.br/2011/05/resumo-de-imagens-da-enchente-de.html>. Acesso em: 13 de julho de 2016.

GUIMARÃES, A. E. N.; VINICIUS, E.; BATISTA, P. G.; SOUZA, Z. 2009. Análise para recuperação de uma área degradada, na micro bacia do Ribeirão Taquaruçu, Palmas, TO, Faculdade Católica do Tocantins.

JACAREI. 2005. Prefeitura Municipal. Lei Municipal n. 4847, de 7 de janeiro de 2005. Lei de uso e ocupação do solo.

MARTINS, K. 2012. Expansão urbana desordenada e os riscos ambientais e a saúde humana – Estudo de caso brasileiro. (Monografia de Bacharelado em Gestão Ambiental), Universidade de Brasília, DF, 65p.

MELO, S. C. 2012. Análise quali-quantitativa no rio Tapacurá no município de Vitória de Santo Antão-PE. (Monografia - Engenharia Ambiental), Universidade Maurício de Nassau, Recife.

MIRANDA, M. R. B. 2015. Análise da vulnerabilidade a inundações no médio curso do Rio Tapacurá Cidade de Vitória de Santo Antão-PE. 136f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco-UFPE.

NASCIMENTO, M. O. T.; FILGUEIRA, H. J. A.; SILVA; T. C. 2013. Metodologia para priorização de ações em aglomerados subnormais considerando os riscos de deslizamentos e inundações e as condições de moradia. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 18, n. 1, p. 39-46.

SAITO, S. M. 2011. Desastres Naturais e Geotecnologias – Vulnerabilidade – Caderno Didático nº 6, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. São José dos Campos-SP.

SANTOS, J. Y. G.; SILVA, R. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, C. A. G. 2014. Aplicação do modelo SWAT para a estimativa da produção de sedimentos na bacia do rio Tapacurá, Pernambuco. In: XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. João Pessoa, PB.

VIDEIRA. 2007. Prefeitura Municipal. Lei orgânica municipal n. 56, de dezembro de 2007. Videira, SC.

VITORIA DE SANTO ANTÃO. 2006, Prefeitura Municipal. Lei municipal n. 3199, de 27 de novembro de 2006. Plano diretor do município de Vitória de Santo Antão-PE.

VITORIA DE SANTO ANTÃO. 2013. Prefeitura Municipal. Lei municipal n. 3.768, de 18 de fevereiro de 2013. Código de Defesa do Meio Ambiente.

VITORIA DE SANTO ANTÃO. 2008. Prefeitura Municipal. Lei orgânica do município de Vitória de Santo Antão-PE, de 14 de novembro de 2008.