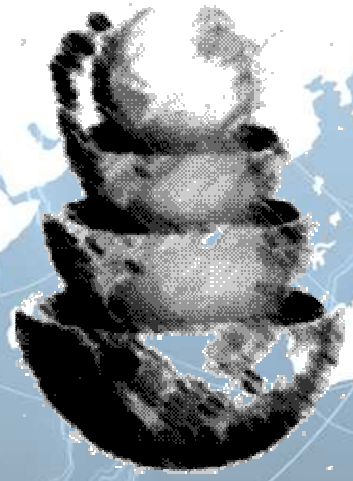
Gestão dos Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental



Juliana Maria Oliveira Silva
Edson Vicente da Silva
Giovanni Seabra
José Manuel Mateo Rodriguez
(organizadores)

Gestão dos Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental

Juliana Maria Oliveira Silva
Edson Vicente da Silva
Giovanni Seabra
José Manuel Mateo Rodriguez
(organizadores)

Editora Universitária da UFPB
João Pessoa – PB
2010

Universidade Federal da Paraíba
Reitor
RÔMULO SOARES POLARI
Vice-Reitora
Maria Yara Campos Matos

EDITORA UNIVERSITÁRIA
DIRETOR
José Luiz da Silva
Vice-diretor
José Augusto dos Santos Filho

G393 Gestão dos recursos hídricos e planejamento ambiental / Juliana Maria Oliveira Silva... [et al.] (Organizadores).- João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2010.

xxxp.

ISBN: 978-85-7745-555-3

1. Recursos hídricos – gestão. 2. Recursos hídricos – plane-jamento ambiental. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Silva, Juliana Maria Oliveira. II. Silva, Edson Vicente da. III. Seabra, Giovanni. IV. Rodriguez, José Manuel Mateo.

ISBN 978-85-7745-555-3

Nota: Este livro é resultado do II Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas realizado pelo Departamento de Geografia, da Universidade Federal do Ceará; no período de 24 a 29 de agosto de 2009.

As opiniões externadas nesta obra são de responsabilidade exclusiva dos seus autores.

VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO BAIXO MUNDAÚ (AL)

Maria Cléa B. De Figueirêdo
Embrapa Agroindústria Tropical
clea@cnpat.embrapa.br
Vicente De P. P. B. Vieira
Universidade Federal do Ceará
Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
vpvieira@ufc.br
Suetonio Mota
Universidade Federal do Ceará
suetonio@ufc.br
Morsyleide de F. Rosa
Embrapa Agroindústria Tropical
morsy@cnpat.embrapa.br
Samuel Antônio Miranda de Sousa
Universidade Estadual do Ceará
samueldesousa@gmail.com

RESUMO
Os estudos sobre vulnerabilidade ambiental de sistemas têm crescido nos últimos anos, apoiando ações de planejamento ambiental. Esse trabalho tem como objetivo apresentar o estudo de vulnerabilidade realizado na bacia do Baixo Mundaú, pontuando aspectos ambientais associados à adoção de novos processos ou produtos agro-industrias que precisam ser considerados quando a unidade produtiva usuária está localizada nessa bacia. A análise de vulnerabilidade foi realizada utilizando o método Vulneragri que utiliza uma estrutura de análise multicritério. Os resultados da análise revelaram uma vulnerabilidade média da bacia. Processos ou produtos agro-industriais utilizados em unidades produtivas localizadas nessa bacia devem primar pela eficiência no uso dos recursos hídricos e pela baixa geração de efluentes sem sistema de tratamento previsto no processo tecnológico.

Plavras-chaves: vulnerabilidade, agroindústria, análise multicritério

INTRODUÇÃO
A análise de vulnerabilidade ambiental permite avaliar a fragilidade de sistemas ambientais frente a determinadas pressões. Essa informação é útil no planejamento ambiental, possibilitando identificar regiões onde a degradação ambiental resultante de uma dada ação será mais crítica e desenvolver programas visando à redução das fontes de pressão.

Os estudos sobre vulnerabilidade ambiental de sistemas têm crescido nos últimos anos, podendo-se citar a análise da vulnerabilidade de: regiões à mudança climática (METZGER et al., 2006); regiões montanhosas à degradação ambiental (LI et al., 2006); reservas hídricas subterrâneas à contaminação por agrotóxico e nitrato (BARRETO, 2006); geossistemas a processos morfogenéticos e pedogenéticos (LIMA, MORAIS e SOUZA, 2000); regiões às mudanças globais (SCHOTER et al., 2004); áreas próximas a unidades industriais às emissões de poluentes dessas unidades (TIXIER et al., 2005); bacias hidrográficas à degradação ambiental (TRAN et al., 2002; ZIELINSKI, 2002); ecossistemas à degradação ambiental (VILLA; McLEOD, 2002). Esses estudos utilizam diferentes tipos de indicadores na caracterização da vulnerabilidade de um determinado sistema ambiental (bacia hidrográfica, paisagem, aqüífero etc.).

Esse trabalho tem como objetivo apresentar o estudo de vulnerabilidade realizado na bacia do Baixo Mundaú, com áreas pertencentes aos estados de Pernambuco e Alagoas. O estudo busca

dar suporte à tomada de decisão sobre adoção de novos processos ou produtos agro-industrias nessa bacia hidrográfica, auxiliando o trabalho de transferência de tecnologias agro-industrias.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise de vulnerabilidade foi realizada utilizando o método Vulneragri, desenvolvido por Figueirêdo (2008). Esse método compreende a vulnerabilidade ambiental como a susceptibilidade de uma bacia a ocorrência de impactos ambientais, considerando: a exposição da bacia às pressões ambientais típicas de atividades agroindustriais, avaliada por indicadores que mostram a pressão antrópica exercida no sistema; a sensibilidade da bacia às pressões exercidas, avaliada pelo uso de indicadores que mostram as características do meio físico e biótico (tipo de solo, clima, vegetação etc.) que já ocorrem antes de qualquer perturbação e que interagem com as pressões; a capacidade de resposta da população da bacia, avaliada pela adoção de ações de conservação ou preservação ambiental que mitigam ou reduzem os possíveis efeitos das pressões exercidas. Quanto maior a exposição a pressões, maior a sensibilidade e menor a capacidade de resposta de um sistema, tanto maior a sua vulnerabilidade ambiental.

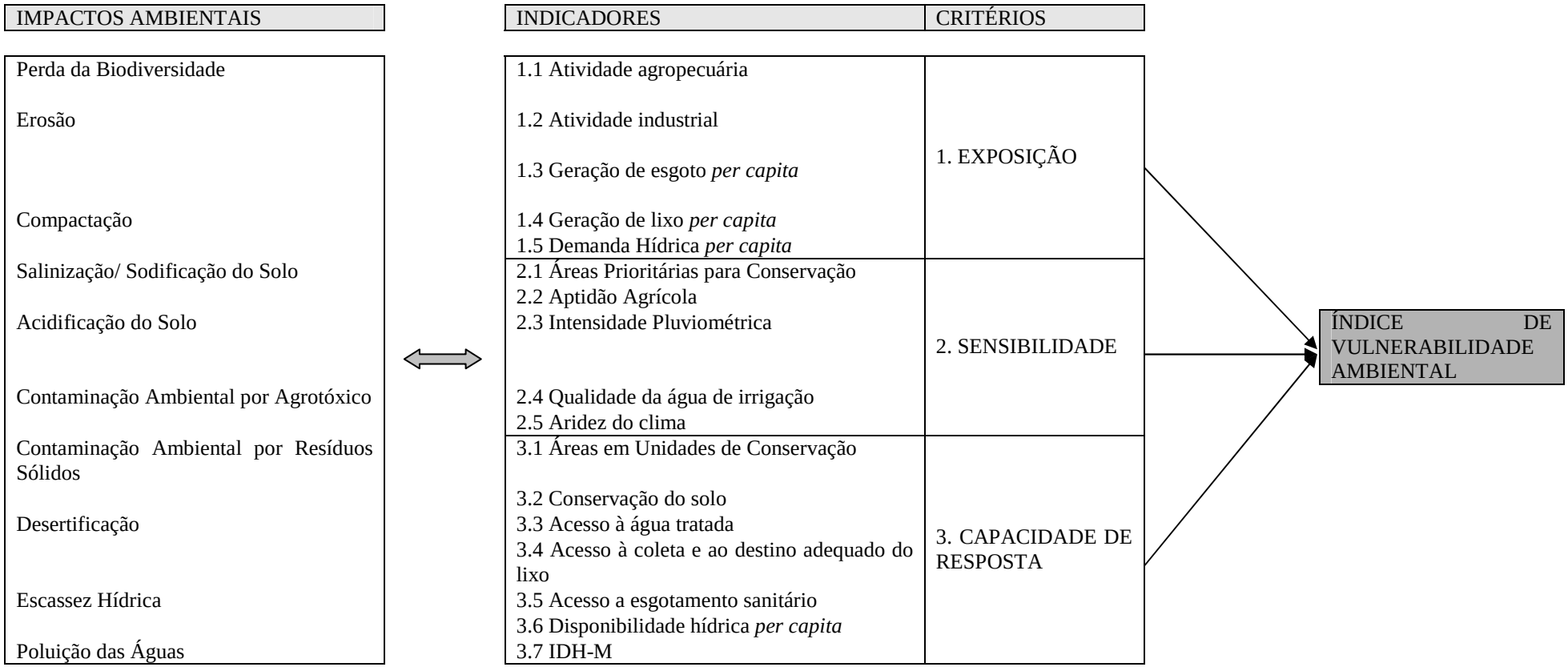


Figura 1 - Estrutura de organização dos indicadores utilizados na análise da Vulnerabilidade Ambiental de uma bacia hidrográfica

O método utiliza uma estrutura de análise multicritério para o estudo da vulnerabilidade. Essa estrutura é formada por um conjunto de 17 indicadores, organizados em 3 critérios e no índice que expressa a vulnerabilidade de uma bacia (Figura 1). Os indicadores de vulnerabilidade estão organizados nos critérios exposição, sensibilidade e capacidade de resposta da população, estando relacionados às seguintes questões ambientais relevantes a atividade agroindustrial: perda da biodiversidade, erosão, compactação, salinização, sodificação e acidificação do solo, contaminação ambiental por agrotóxicos e por resíduos sólidos, desertificação, escassez hídrica e poluição hídrica.

O Índice de Vulnerabilidade ambiental (IVA) de uma bacia é obtido a partir da normalização e posterior agregação dos valores dos indicadores e critérios. A normalização dos indicadores em uma escala única é necessária para que valores em diferentes unidades de medida possam ser agregados. O método Vulneragri adota uma escala que varia de 1 (vulnerabilidade mínima) a 2 (vulnerabilidade máxima). A descrição de cada indicador, assim como as regras utilizadas para normalização e agregação dos valores dos indicadores em critérios e no IVA estão detalhados em Figueirêdo (2008).

As bases de dados utilizadas para cálculo dos indicadores de vulnerabilidade são as apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Fontes de informação dos indicadores de vulnerabilidade ambiental

Informação	**Fonte**
Perímetro das Bacias Hidrográficas nacionais	Base de dados da Agência Nacional de Águas - ANA (ANA, 2006)
Atividade agropecuária	Censo Agropecuário (IBGE, 1996) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Atividade industrial	Cadastro Central de Empresas (IBGE, 2005)
Geração de lixo *per capita*	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Geração de esgoto *per capita*	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Demanda hídrica *per capita*	Base de dados da Agência Nacional de Águas - ANA (ANA, 2006),Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH, 2004) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Áreas prioritárias para conservação	Mapa de Áreas Prioritárias para Conservação (MMA, 2006)
Aptidão agrícola	Estudos de Aptidão Agrícola - Ceará e Alagoas (SUPLAN, 1979)
Intensidade Pluviométrica	Dados pluviométricos diários de postos de monitoramento da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME (FUNCEME, 2008) e Rede Hidroclimática do Nordeste (Sudene, 2008)

Tabela 1 – Fontes de informação dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (cont.)

Informação	**Fonte**
Qualidade da água de irrigação	Dados georreferenciados de monitoramento da qualidade da água no Ceará (COGERH, 2008) e em Alagoas (ANA, 2007)
Aridez do clima	Mapa de Áreas Susceptíveis à Desertificação no Semi-árido (MMA, 2004)
Unidade de conservação	Mapa de Áreas Protegidas (IBGE, 2008) e Unidades de Conservação no Ceará (SEMACE, 2008)
Conservação do solo	Perfil dos Municípios Brasileiros (IBGE, 2002)

Acesso à coleta e destino do lixo	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Acesso rede de abastecimento de água	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Acesso a esgotamento sanitário	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Disponibilidade Hídrica *per capita*	Base de dados da Agência Nacional de Águas - ANA (ANA, 2006),Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH, 2004) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
IDH-M	Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD, 2003)

RESULTADOS

A análise de vulnerabilidade foi realizada na bacia do Baixo Mundaú (Figure 2). Essa bacia possui como principal rio o Mundaú, ocupa uma área de 13.039,28 km^2, tem uma população de 1.850.065 habitantes e abriga as sedes de 53 municípios.

Figura 2 - Localização da bacia do Baixo Mundaú

O IVA da bacia do Baixo Mundaú é de 1,52 na escala de análise utilizada (varia de 1 a 2), valor considerado médio (Tabela 2). Essa bacia está exposta a pressões ambientais advindas principalmente da elevada atividade agropecuária, que ocupa 61,42% da área da bacia. A geração de lixo *per capita* também é elevada (1,35 kg/hab.dia), considerando que segundo levantamento do SNIS (2006), essa geração é de 1,5 kg/hab.dia nos municípios com maior geração e de 0,1 kg/hab.dia nos de menor geração. A demanda hídrica *per capita* de 908,5 m^3/hab.ano é outro fator de pressão, considerando que esse indicador varia entre 30 (valor mínimo) e 1.500 m^3/hab.ano (valor máximo), de acordo com valores observados por Rebouças (2002a) para os estados brasileiros.

A bacia apresenta vulnerabilidade de 1,34 no critério sensibilidade. O indicador com maior vulnerabilidade nesse critério é a intensidade pluviométrica, variando entre 289 e 1.047 mm/mês (valor médio de 460,6 mm/mês), no período de 1963 a 1973, considerando dados de 12 postos de monitoramento (SUDENE, 2008). Segundo classificação utilizada pelo Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (CREPANI; MEDEIROS; PALMEIRA, 2004), intensidades pluviométricas no Brasil superiores a 525 mm/mês são consideradas elevadas.

A capacidade de resposta da população é baixa na bacia, devido principalmente a pequena área da bacia protegida em unidades de conservação (98,6% da área sem proteção) e a baixa disponibilidade hídrica *per capita* (575,8 m^3/hab.ano). Merece destaque também o baixo acesso da população a sistemas de esgotamento sanitário (19,97% da população com acesso).

Tabela 2 – Resumo da análise de vulnerabilidade da Bacia do Baixo Mundaú (AL)

				Vulnerabilidade ambiental		
Critério	**Indicadores**	**Unidade de medida**	**Valor médio do indicador**	**Indicadores**	**Critério**	**IVA**
1. Exposição	1.1 Atividade agropecuária	% (percentual da área da bacia com agropecuária)	61,42%	1,65	1,48	**1,52**
	1.2 Atividade industrial	empregados.km^2 (total de pessoal ocupado nas indústrias extrativas e de transformação por km2)	0,11	1,00		
	1.3 Geração de esgoto *per capita*	m^3/hab.ano	118,21	1,42		
	1.4 Geração de lixo *per capita*	kg/hab.dia	1,35	1,71		
	1.5 Demanda hídrica *per capita*	$m^{3/}$hab.ano	908,5	1,60		
2. Sensibilidade	2.1 Áreas prioritárias para conservação	km^2 (área em cada classes de prioridade na bacia)	1 - Extremamente alta: 2.557,15 km^2; 2 - Muito alta: 291,52 km^2; 3 - Alta: 218,05 km^2; Insuficientemente conhecida: 1.860,41 km^2; área não considerada prioritária: 8.112,15 km^2	1,41	1,34	
	2.2 Aptidão agrícola	Km^2 (área em cada grupo de aptidão agrícola)	Grupo 1: 224,31 Km2; Grupo 2: 10.462,52 km2; Grupo 3: 495,87 km2; Grupo 4: 597,59; Grupo 5: 978,14 km2; Grupo 6: 215,65 km2	1,28		
	2.3 Intensidade Pluviométrica	mm/mês	460,65	1,78		

Tabela 2 – Resumo da análise de vulnerabilidade da Bacia do Baixo Mundaú (AL) (cont.)

				Vulnerabilidade ambiental		
Critério	**Indicadores**	**Unidade de medida**	**Valor médio do indicador**	**Indicadores**	**Critério**	**IVA**
2. Sensibilidade	2.4 Qualidade da água de irrigação	Salinidade: CE (dS/m); Sodicidade: CE (dS/m) e RAS	Salinidade: 0,495	1,14		
	2.5Aridez do clima	Km2 (área por classe climática)	Áreas semi-áridas: 250 km^2; Áreas subúmidas secas: 1.089,51 km^2; Áreas do entorno de regiões semi-áridas: 1.859,89 km^2; Áreas úmidas ou subúmidas: 9.839,89 km^2	1,12		
3. Capacidade de Resposta	3.1 Áreas em Unidade de conservação	Km2 (categoria de unidade de conservação)	Proteção integral: 87,98 km^2; Uso sustentável: 96,38 km^2; Sem proteção: 12.854,92 km^2	1,99	1,74	
	3.2 Conservação do solo	% do número de ações de conservação do solo praticadas (ações: combate ou controle da salinização do solo, combate e/ou controle a processos erosivos, fiscalização ou controle do uso de fertilizantes e agrotóxicos, incentivo à promoção e práticas de agricultura orgânica e	7%	1,92		

	recuperação de áreas degradadas)		
3.3 Acesso a rede de abastecimento de água	Acesso: % da população com abastecimento de água; Tratamento: % do volume coletado que é tratado	Acesso: 51,41%; Tratamento: 57,30%	1,45
3.4 Acesso a coleta e ao destino adequado do lixo	Acesso: % da população com abastecimento a coleta de lixo; Tratamento: % do lixo coletado que é adequadamente disposto	Acesso: 56,57%; Tratamento: 6%	1,66
3.5 Acesso a esgotamento sanitário	% da população com acesso a esgotamento sanitário	19,97%	1,79
3.6 Disponibilidade Hídrica *per capita*	$m^{3/}$hab.ano	575,81	1,99
3.7 IDH-M	-- (valor adimensional)	0,596	1,40

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em estudos prospectivos sobre possíveis impactos ambientais da adoção de processos ou produtos agro-industriais em diferentes regiões, a análise de vulnerabilidade permite identificar locais onde esses impactos podem ser maiores ou menores. Permite ainda subsidiar a etapa de desenvolvimento de uma tecnologia com informações sobre o meio ambiente onde a tecnologia será adotada, para que o processo ou produto faça uso de insumos disponíveis na região, gere resíduos capazes de serem corretamente dispostos ou assimilados no meio ambiente ou agregue outras tecnologias para tratar os resíduos.

Considerando a análise de vulnerabilidade efetuada na bacia do Baixo Mundaú, observa-se que processos ou produtos agro-industriais utilizados em unidades produtivas localizadas nessa bacia devem ser eficientes no uso dos recursos hídricos devido à baixa disponibilidade hídrica existente. Embora os solos da bacia possuam boa aptidão agrícola, a intensidade pluviométrica é elevada na bacia indicando risco de erosão em áreas de maior declividade, devendo-se buscar redução do uso de processos agrícolas que expõem o solo às intempéries do clima. No caso de ocorrer a geração de efluentes, a unidade produtiva deve dispor de sistema próprio de tratamento para eventuais efluentes gerados, uma vez que o acesso a sistemas de esgotamento sanitário é reduzido na região.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Banco de dados dos recursos hídricos no Brasil.** Brasília: ANA. 2006. CD-ROM.

_____. **Dados de condutividade elétrica de postos de monitoramento localizados na Bacia do Mundaú, 2007.** Planilha eletrônica: Excel.

BARRETO, F. M. S. **Contaminação da água subterrânea por pesticidas e nitrato no município de Tianguá, Ceará**. 2006. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil/ Área de Concentração em Saneamento Ambiental) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, UFC, Fortaleza, 2006.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ (COGERH). **Dados de salinidade e sodicidade em pontos de monitoramento da qualidade da água no Ceará (2006 – 2007), 2007.** Planilha Eletrônica: Excel.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; PALMEIRA, A. F. **Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo.** São José dos Campos: Inpe. 2004.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. **Modelo de avaliação do desempenho ambiental de inovações tecnológicas agroindustriais, considerando o conceito de ciclo de vida e a vulnerabilidade ambiental: Ambitec-Ciclo de Vida.** Tese de doutorado, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Brasil, 2008.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Monitoramento hidroambiental: dados pluviométricos** (1974 a 2007). Disponível em: <http://www.funceme.br/DEPAM/index.htm >. Acesso em: 11/01/2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 1996.** Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/12/2007.

_____. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000a**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/12/2007.

_____. **Censo Demográfico 2000b**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/12/2007.

_____. **Pesquisa Perfil dos Municípios Brasileiros** – Meio Ambiente: instrumentos de gestão ambiental. 2002. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/munic_meio_ambiente_2002/index.htm >. Acesso em: < 28/02/2008>.

_____. **Cadastro Nacional de Empresas 2005**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/12/2007.

_____. **Mapa de Áreas Protegidas**. Disponível em : < http://mapas.ibge.gov.br/uc/Run.htm >. Acesso em: < 12/01/2008>.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COPERAÇÃO PARA AGRICULTURA (IICA). **Pr**ograma de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas na América do Sul. 2006. Disponível em: <www.iicadesertification.org.br>. Acesso em 11/04/2007.

LI, A.; WANG, A.; LIANG, S.; ZHOU, W. **Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS – A case study in the upper reaches of Minjiang River, China.** Ecological Modeling, v. 192, p. 175 – 187, 2006.

LIMA, L. C., MORAIS, J. O. SOUZA, M. J. N. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará.** Fortaleza: UNECE, 2000.

METZGER, M. J.; ROUNSEVELL, M. D. A.; ACOSTA-MICHLIK, L; LEEMANS, R.; SCHOTER, D. **The vulnerability of ecosystems services to land use change**. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (MA). **Aptidão agrícola das terras do Ceará**. Brasília: MMA/SUPLAN, 1979.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira: relatório de atividades**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002a. 73 p.

_____. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA/SBF, 2002b. 404 p.

_____. **Mapa de Áreas Susceptíveis à Desertificação**. 2004. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=3812 > . Acesso em: < 15/01/2008 >.

_____. **Mapa das Áreas Prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira.** 2006. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=3812 > . Acesso em: < 15/01/2008 >.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). Brazilian Atlas of Human Development. Salvador: PNUD, 2003. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/atlas/>. Acesso em: 11/04/2008.

SCHOTER, D. METZGER, M. J.; CRAMER, W.; LEEMANS, R. **Vulnerability assessment – analysing the human-environment system in the face of global environmental change**. ESS Bulletin, v. 2, n. 2, pp. 11 – 17, 2004.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ (SRH). **Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.** Fortaleza: SRH, 2004.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2004.** Brasília: MCIDADES.SNSA, 2005. Disponível em: < http://www.snis.gov.br>. Acesso em 10 Set 2007.

_____. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2004.** Brasília: MCIDADES.SNSA, 2006. Disponível em: < http://www.snis.gov.br>. Acesso em 10 Set 2007.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). **Rede Hidroclimática do Nordeste (1963 – 1973).** Disponível em: < http://pageserver-nt.sudene.gov.br/ixpress/pluviometria/plv/index.dml>. Acesso em: 03/01/2008.

TIXIER, J.; DANDRIEUX, A.; DUSSERE, G.; BUBBICO, R.; MAZAROTTA, B.; SILVETTI, B.; HUBERT, E.; RODRIGUES, N.; SALVI, O. **Environmental vulnerability assessment in the vicinity of an industrial site in the frame of ARAMIS European project.** Journal of Hazardous Materials, 2005.

TRAN, L. T. KNIGHT, C. G; O'NEILL R.; SMITH, E. R.; RIITTERS, K. H; WICKHAM, J. **Environmental assessment: fuzzy decision analysis for integrated environmental vulnerability assessment of the mid-Atlantic region.** Environmental Management, v. 29, n. 6, 2002.

VILLA, F.; McLEOD, H**. Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: guidelines and applications**. Environmental management, v. 29, n. 3, 2002.

ZIELINSKI, J. **Watershed vulnerability analysis.** Center for Watershed Protection. 2002. Disponível em: <www.cwp.org>. Acesso em: 11/04/2006.