

USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA O MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA SUB-BACIA DO RIO PIANCÓ, PB.

Ulisses Alencar Bezerra (1); Luísa Thaynara Muricy de Souza Silva (2); Luís Gustavo De Lima Sales (3)

Universidade Federal de Campina Grande – Campus Pombal.

ulisses.alencar17@gmail.com

luisataynara12@hotmail.com

gustavo_doutorado@hotmail.com

Resumo

Este trabalho objetivou determinar a fragilidade ambiental na sub-bacia hidrográfica do rio Piancó, localizada no estado da Paraíba. Fatores que influenciam os eventos de processos erosivos foram integrados por meio de algoritmos para construção de classes de fragilidade, através do Software QGIS. A análise multicritério considerou o modelo numérico de terreno, dados oficiais sobre variáveis ambientais, imagem de satélite com precisão de 30 m, e a literatura especializada. Através de informações secundárias sobre pedologia, intensidade das chuvas e declividade do terreno gerou-se o Mapa de Fragilidade Potencial (MFP). Através da combinação desse mapa com informações sobre uso e cobertura da terra obteve-se o Mapa da Fragilidade Emergente (MFE). Os resultados mostram que mais de 95% da área da sub-bacia possui fragilidade ambiental considerada alta ou muito alta, tanto potencial como emergente. Os mapas obtidos geraram informações de grande importância para o planejamento territorial, possibilitando um zoneamento acessível e de fácil atualização para os tomadores de decisões, inclusive para o monitoramento das áreas de alta fragilidade ambiental.

Palavras-chave: zoneamento ecológico, planejamento territorial, vulnerabilidade, susceptibilidade erosiva.

Introdução

No cenário atual, a região do Nordeste do Brasil envolve uma população estimada em mais de 50 milhões de habitantes, e apresenta problemas estruturais quanto a sustentabilidade dos sistemas de produção de alimentos, que aliados aos frequentes efeitos negativos do clima, como as secas, impedem sua manutenção e desenvolvimento, levando a degradação do solo, e dos recursos hídricos, bem como a diminuição da biodiversidade de espécies e, como decorrência ao meio ambiente, iniciando o processo de desertificação (Castro, 2013).

Qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos) compromete a funcionalidade do sistema, quebrando o seu estado de equilíbrio dinâmico. Estas variáveis tratadas de forma integrada possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais (Sporn & Ross, 2004).

Mapear a fragilidade ambiental consente em definir áreas mais vulneráveis e que merecem maior atenção, pois sua indevida utilização pode resultar no comprometimento de todo sistema. O grau de um impacto sobre o equilíbrio de um sistema, dependendo do tipo de intervenção, pode ser

maior ou menor em função das características intrínsecas do ambiente, ou seja, de sua fragilidade ambiental (Franco, *et al.*, 2013).

Os limites e as fragilidades dos ecossistemas globais, devem ser observados pelos gestores de políticas públicas tendo uma consciência que envolva o conceito de desenvolvimento sustentável, com enfoque no desenvolvimento socioeconômico com equilíbrio ecológico, para o planejamento territorial, em escala regional ou local (Ipea, 2010).

De acordo com Valle *et al.* (2015) planejar formas de uso e ocupação da terra deve considerar a fragilidade ambiental à degradação, monitorando os procedimentos que afetam diretamente o abastecimento de bens e serviços ambientais, como características relacionadas à erosão do solo, assoreamento de cursos d'água e perda de biodiversidade.

Diante dos diferentes estados de equilíbrio e desequilíbrio que o ambiente está submetido, Ross (1994) sistematizou uma hierarquia nominal de fragilidade representada por códigos: muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5). Estes códigos propõem que cada uma destas variáveis seja hierarquizada em cinco classes de acordo com sua vulnerabilidade.

Desta forma, os mapas apresentados compreendem estudos de declividade, solo, pluviosidade e uso da terra, que a partir dos cruzamentos, proporcionaram o mapa de Fragilidade Potencial, natural do ambiente, e o mapa de Fragilidade Emergente, de acordo com a proposta de Ross (1994).

O presente trabalho teve como objetivo identificar as áreas de maior e menor potencial de fragilidade ambiental na sub-bacia hidrográfica do rio Piancó, localizada no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil.

Materiais e Métodos

Localização da área de estudo

A sub-bacia hidrográfica do rio Piancó, estudo de caso dessa pesquisa, encontra-se localizada no extremo sudoeste da Paraíba e está totalmente inserida na mesorregião do sertão paraibano, é a maior em extensão territorial do estado, com 9.242,76 km² e um total de 271.255 habitantes. A região de estudo apresenta um clima semiárido e valores anuais médios de precipitação e temperatura iguais a 821 mm e 24°C, respectivamente (LIMA, 2004). Na Figura 1, é possível observar a localização da área de estudo com os postos pluviométricos utilizados na pesquisa.

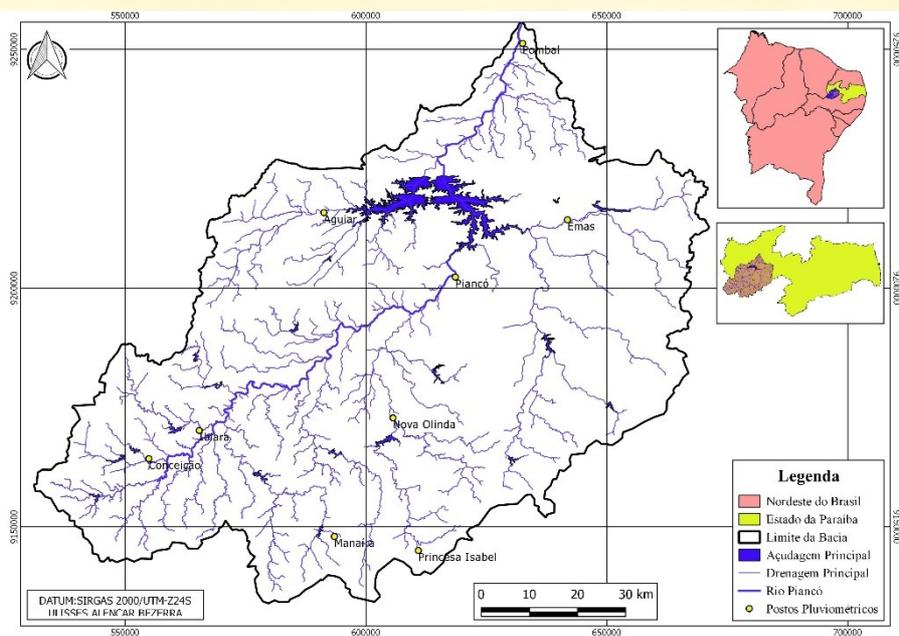


Figura 1. Localização da área de estudo, Fonte (Autor, 2016).

Metodologia

O estudo proposto foi realizado em quatro etapas, sendo elas: 1) Pesquisa na literatura especializada referente à caracterização da área de estudo, e sobre metodologias e técnicas utilizadas para mapeamento de fragilidade ambiental; 2) Pesquisa de fontes de informações para criação da base de dados espacial; tratamento das bases pré-existentes e elaboração de mapas temáticos; 3) Elaboração dos mapas de Fragilidade Potencial, e o mapa de Fragilidade Emergente a partir da metodologia de análise de multicritério e; 4) Análise dos mapas elaborados.

Para a obtenção dos mapas finais foram gerados diversos mapas intermediários. Os atributos utilizados como critério para definição das classes de fragilidade ambiental foram os seguintes temas ou planos de informação (PI): precipitação média anual (mm/ano), declividade do terreno (%), classes de solo (Embrapa, 2006) e uso/cobertura da terra (imagem de satélite Landsat 8). Os mapas originais foram discretizados através de reclassificação com base em limites pré-definidos e hierarquizados, de forma a permitir a sobreposição e os cálculos entre os distintos PI utilizados no diagnóstico da fragilidade ambiental. Todas as análises foram realizadas no software livre QuantumGis versão 2.16.0.

Para a classificação do mapa de precipitação utilizou-se como critério os níveis de interferência na estabilidade do ambiente de acordo com Ross (2012). A situação pluviométrica da sub-bacia em estudo se caracteriza comportamento pluviométrico irregular ao longo do ano, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano, características do semiárido (Tabela 1).

Tabela 1 - Níveis Hierárquicos dos Comportamentos Pluviométricos das variações Ross (2012).

Níveis Hierárquicos	Características Pluviométricas
1- Muito Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ ano.
2 – Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ ano.
3 – Média	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.
4 – Forte	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.
5- Muito Forte	Situação pluviométrica com distribuição regular ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).

OBS: O comportamento pluviométrico em negrito é característico a toda área de estudo.

Assim, para a representação cartográfica desse atributo foi gerado um mapa digital em formato matricial de valor constante igual a 5, correspondente à classe de vulnerabilidade muito forte, associada às características pluviométricas na área da sub-bacia.

Outro atributo de suma importância para a análise da fragilidade ambiental é a declividade do terreno, que tem influência direta nos processos que condicionam a velocidade de transformação da energia potencial das águas pluviais em energia cinética e, por consequência, na intensidade dos processos erosivos (Crepani et al., 2001). Com os arquivos dados SRTM, obtidas online, gratuitamente através do U.S. Geological Survey, pelo website do Earth Explore, foi gerado um modelo digital de elevação utilizando-se a ferramenta MDE, disponível no QGIS.

Com o mapa da declividade do terreno em formato numérico contínuo foi realizada uma discretização por meio da ferramenta “reclass”, reclassificando-se o terreno com base nos critérios estabelecidos pela Embrapa (2006), qualificando-se condições de declividade e definindo-se formas

topográficas. Essas distinções foram empregadas para prover informações sobre susceptibilidade à erosão em vários ambientes e são amplamente aplicadas em várias regiões do Brasil (IBGE, 2007). Na Tabela 2 se apresenta os critérios adotados para hierarquização da vulnerabilidade das classes de declividade e da área da sub-bacia que ocupam.

Tabela 2. Classificação da declividade na Sub-bacia do rio Piancó.

Declividade (%)	0-3	3-8	8-20	20-45	>45
Descrição do relevo	Plano	Suave ondulado	Ondulado	Forte ondulado	Montanhoso e escarpado
Pontuação	1	2	3	4	5
Área (%)	41,32	37,21	15,04	6,42	0,02

Em relação à vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos foram utilizados os dados disponibilizados por Neto (2013), e teve como fonte os estudos da EMBRAPA. Na Tabela 3 apresenta os critérios adotados para hierarquização da vulnerabilidade das classes de solos e a área ocupada na sub-bacia.

Tabela 3. Classificação dos solos na Sub-bacia do rio Piancó.

Descrição	Pontuação	Área (%)
Latosol.	2	0,12
Terra Roxa Estruturada; Cambisol Eutrófico.	3	4,64
Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico; Solos Aluviais;	4	20,82

Bruno não Cálculo.

Solos Litólicos Eutróficos; Afloramento de Rocha; Regosol; Litólico Distrófico.	5	74,42
---	---	-------

O mapa de uso/cobertura da terra foi obtido a partir da classificação de imagem do satélite Landsat 8, com resolução espacial de 30 m, referente ao ano 2016, obtidas online, gratuitamente através do U.S. Geological Survey, pelo website do Earth Explore. A Tabela 4 apresenta a classificação do mapa de uso e cobertura da terra, de acordo com os critérios propostos por Ross (1994) e Crepani et al. (2001), e a área relativa ocupada por cada classe de uso observada.

Tabela 4. Valores de vulnerabilidade atribuídos às classes de uso e cobertura da terra.

Classes	Pontuação	Área (%)
Corpos d'água	1	0,50
Áreas Vegetadas	2	33,48
Solo Exposto/Agrícola/Degradado	4	34,99
Áreas Antropizadas	5	31,02

A relação dos critérios foi realizada pela soma simples dos valores associados aos grids dos PI intermediários (intensidade pluviométrica, declividade do terreno, classes pedológicas e formas de uso e cobertura da terra). Esses PI foram convertidos do formato vetorial para modelo raster (matricial). Esse formato consiste em uma grade regular, representada por uma malha quadriculada, composta por células de dimensão espacial e valor atribuído definidos (Silveira & Oka-Fiori, 2007).

Na Figura 2 é apresentado os mapas de precipitação (a), declividade (b), pedologia (c) e uso/cobertura da terra (d).

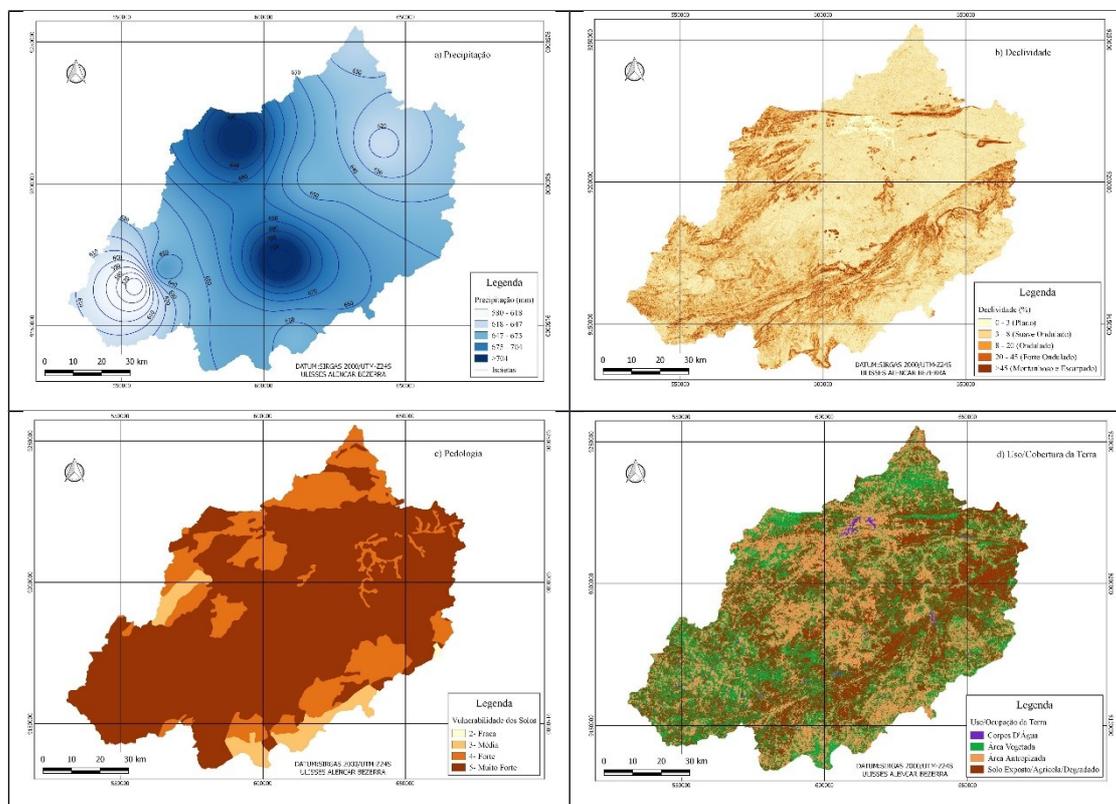


Figura 2. Mapas de precipitação (a), declividade (b), pedologia (c) e uso/cobertura da terra (d),
Fonte (Autor, 2016).

Mapeamento da fragilidade ambiental

A metodologia para a análise e mapeamento da fragilidade ambiental consistiu em uma análise multicritério que teve como base as metodologias propostas por Ross (1994), Crepani et al. (2001) e Sporn & Ross (2004). A aplicação do método se baseou na integração de mapas de vulnerabilidade associada aos atributos de terreno (precipitação, declividade, solos, cobertura vegetal, uso e cobertura da terra). A partir da interpretação de mapas temáticos e consultas a literatura foram definidos critérios para a classificação e a hierarquização dos planos de informação (PI) e do grau de fragilidade ambiental, de acordo com a vulnerabilidade de cada área a sofrer processos de degradação do solo por erosão. O método proposto tende a realizar um diagnóstico do ambiente através dos atributos do terreno e suas contribuições nos diferentes graus de fragilidade ambiental. Cada variável foi representada hierarquicamente através de cinco classes de vulnerabilidade ambiental.

O Mapa de Fragilidade Potencial (MFP) foi elaborado por meio da sobreposição das informações de intensidade pluviométrica (mm/ano), declividade do terreno (%) e pedologia (unidades de mapeamento de solos). O Mapa de Fragilidade Emergente (MFE) foi obtido a partir da sobreposição do mapa resultante da Fragilidade Potencial (MFP) e do mapa temático com os valores estabelecidos para as diferentes classes de uso e ocupação da terra.

Foi realizada uma associação numérica entre os PI considerados para a definição das classes de fragilidade ambiental, potencial e emergente (Tabela 5).

Tabela 5. Soma das pontuações e definição das classes de Fragilidade Potencial e Emergente.

Pontuações A + B + C			=	Fragilidade Potencial	+	D	=	Fragilidade Emergente	Descrição das classes
1	1	1	=	03	+	1	=	04	Muito Fraca
2	2	2	=	04 a 06	+	2	=	05 a 08	Fraca
3	3	3	=	07 a 09	+	3	=	09 a 12	Média
4	4	4	=	10 a 12	+	4	=	13 a 16	Forte
5	5	5	=	13 a 15	+	5	=	17 a 20	Muito Forte

Soma das pontuações: A = Precipitação; B = Declividade; C = Pedologia; D = Uso/cobertura da terra.

Resultados e Discussão

Fragilidade Ambiental

Os mapas de fragilidade ambiental não apresentaram vulnerabilidade muito fraca e fraca, sendo assim, foram analisadas as áreas com vulnerabilidade, média, forte e muito forte. A Tabela 6 mostra a quantificação das áreas do mapa de Fragilidade Potencial (FP), e de Fragilidade Emergente (FE). Tabela 6. Áreas das classes de fragilidade ambiental: Potencial e Emergente (FP e FE).

Classes	FP	FE
---------	----	----

	Intervalo de valores	Área (%)	Intervalo de valores	Área (%)
Baixa	06	-	05 a 8	-
Média	07 a 09	2,24	09 a 12	4,83
Alta	10 a 12	78,99	13 a 16	75,91
Muito Alta	13 a 15	18,77	17 a 20	19,26

Analisando-se a distribuição relativa da área ocupada pelos diferentes graus de fragilidade foi possível constatar que, de uma forma geral, a sub-bacia hidrográfica apresenta fragilidade potencial (MFP) alta e muito alta, que ocupam cerca de 97% da sub-bacia; enquanto que no Mapa de Fragilidade Emergente (MFE) predominou a classe fragilidade alta, ocupando uma área acima dos 75% da sub-bacia, sendo a classe de fragilidade muito alta correspondente a 19,26% da área da sub-bacia. Os mapas da Fragilidade Potencial (a) e Fragilidade Emergente (b) podem ser observados na Figura 3.

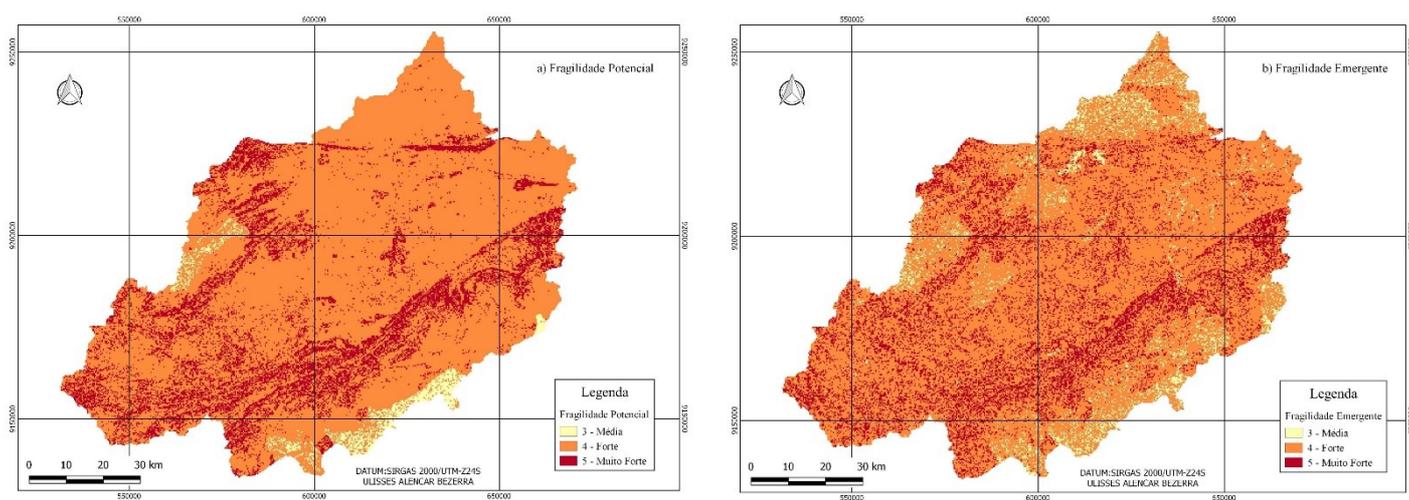


Figura 3. Mapas de Fragilidade Ambiental Potencial (a) e Emergente (b) na sub-bacia hidrográfica. Fonte (Autor, 2016).

A análise permitiu a interação entre dados de natureza distinta, relacionando-os e possibilitando o diagnóstico da fragilidade ambiental a partir da interpretação dos diversos Planos de Informação (PI). Foi possível observar que mesmo com a influência antrópica os percentuais de Fragilidade Forte e Muito Forte se mantiveram constantes, quando comparado os mapas de Fragilidade Potencial e Emergente.

Através dos Mapas MFP e MFE, verificou-se o alto grau de fragilidade em que a sub-bacia hidrográfica do rio Piancó está submetida com percentuais acima dos 95% de fragilidade alta e muito alta.

Conclusões

Os estudos de diagnóstico ambiental são essenciais para planejamento e gestão do ambiente de forma apropriada com os atributos e limitações que ele apresenta. Nesse contexto, a análise da fragilidade ambiental pode ser considerada um suporte para o diagnóstico ambiental, pois, além de revelar informações relevantes sobre o cenário de um ambiente, considera suas possíveis fragilidades permitindo assim, a busca por possibilidades de recuperação e/ou remediação.

Considerando-se o modelo produzido, a área em estudo foi em geral diagnosticada como de alta fragilidade ambiental. Indicando a susceptibilidade da ocorrência de processos erosivos, considerando-se as características topográficas e naturais, assim como as intervenções antrópicas no meio ambiente.

O método proposto é de grande valia pois pode ser utilizado como subsídio à tomada de decisões no que tange a intervenções na paisagem, gestão ambiental e planejamento territorial, e também para a elaboração de programas de preservação de áreas florestais e de contenção de processos erosivos, principalmente por prefeituras municipais e organizações não governamentais (ONGs). A identificação de áreas de risco, considerando-se a vulnerabilidade natural do ambiente, juntamente com as validações das classificações da terra são essenciais para o monitoramento e a elaboração de Planos Diretores e de Manejo e para projetos conservacionistas.

Os mapeamentos da fragilidade ambiental, neste estudo, foram capazes de demonstrar a realidade ambiental de maneira concisa e de fácil compreensão, além de serem passíveis de atualização, pois os mapas de uso e cobertura do solo mais recentes, podem ser incorporados como base de entrada para novos produtos cartográficos.

Referências Bibliográficas

CASTRO, C. N. **A agricultura no nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento.** IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Boletim regional, urbano e ambiental, 2013.

CREPANI E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológicoeconômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: INPE; 2001.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa; 2006.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano** – Brasília, 2010.

FRANCO, G. B.; BETIM, L. S.; MARQUES, E. A. G.; GOMES, R. L.; CHAGAS, C. S. **Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia.** Brazilian Journal of Geology 42: 114-127, 2013.

LIMA, C. A. G. **Análise e sugestões para diretrizes de uso das disponibilidades hídricas superficiais da bacia hidrográfica do rio Piancó, situada no estado da Paraíba.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, 2004.

NETO, M. F. S. **A problemática da salinização do solo no perímetro irrigado de São Gonçalo – PB.** 2013. 139 fls. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba. 2013.

SPORL C, ROSS J.L.S. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos.** GEOUSP – Espaço e Tempo 2004; 15: 39-49.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.** In: Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.8, p.3-74, 1994.

ROSS, J. L. S. **Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities.** Revista do Departamento de Geografia 2012; 38-51.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. Disponível em <http://www.earthexplorer.usgs.gov/>, acessado em 27/09/2016.

VALLE, I. C; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. **Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ.** Revista Floresta e Ambiente, 2015.