

UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA MAPEAR AS FRAGILIDADES AMBIENTAIS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DA UHE DE BELO MONTE, NO ESTADO DO PARÁ

GIS AS TOOL TO MAP THE ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN THE AREA OF DIRECT INFLUENCE OF BELO MONTE UHE, IN PARÁ STATE

Michel Madureira Souza¹

Luiz Hermes da Costa²

Daniela Antônia Soares de Carvalho³

Resumo: O trabalho visou avaliar a Fragilidade Ambiental na Área de Influência Direta da UHE Belo Monte. Para avaliação da Fragilidade Ambiental foi utilizada a metodologia proposta por Ross (1994), com adaptações. Em seguida, foi realizada a análise comparativa com os resultados apresentados pela empresa executora do EIA/RIMA, tendo encontrado semelhanças. Entretanto, constatou-se que critérios importantes não foram ponderados.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental, UHE Belo Monte, Geoprocessamento.

Abstract: This work aimed to evaluate the environmental fragility in the Area of Direct Influence of Belo Monte UHE. To assess the environmental fragility involved, the methodology proposed by Ross (1994) was used with some adaptations. Then, a comparative analysis has been performed with the results presented by the executing company of the EIA/EIR, pointing out the similarities encountered. However, it was found that some important criteria were not considered in the mentioned EIA/EIR.

Keywords: Environmental Fragility, UHE Belo Monte, geoprocessing.

1 Introdução

O homem vem utilizando e extraindo da natureza os seus recursos, sem, na maioria das vezes, respeitar as suas limitações, causando impactos às vezes irreversíveis do ponto de vista ambiental. Sobre estas alterações no espaço feitas pelo homem, Ross⁴ analisa que:

Toda causa tem seu efeito correspondente, todo benefício que o homem extrai da natureza tem certamente também seus malefícios. Desse modo, parte-se do princípio de que toda ação humana no

ambiente natural ou alterado causa algum impacto em diferentes níveis, gerando alterações com graus diversos de agressão, levando, às vezes, as condições ambientais a processos irreversíveis.

Tendo em vista a intensificação das atividades impactantes e modificadoras do meio ambiente os profissionais e estudiosos da área ambiental desenvolveram métodos de avaliação da fragilidade ambiental que, segundo Tavares⁵, tem por objetivo identificar unidades ambientais com características comuns em termos de vulnerabilidade. Sendo que a partir destes estudos é

¹Mestrando em Geografia pela Universidade de Brasília.

²Graduado em Ciências Biológicas pela Faculdade da Terra de Brasília – FTB.

³Professora de Geoprocessamento na Pós-Graduação da UPIS.

⁴ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2005. 8ª edição. Pág. 14-15

⁵TAVARES, José Aribério. **Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Punaú (RN) e área litorânea Adjacente**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2006.p.16.

possível avaliar se as ações efetuadas pelo homem (uso e ocupação), no presente ou no passado, podem conviver em harmonia com os condicionantes naturais, assim como realizar simulações em relações a usos futuros.

Para Ross (2001 *apud* SEMA⁶), os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem as intervenções humanas. Assim sendo, a elaboração do mapeamento de fragilidades deve partir da adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural e do meio sócio econômico, visando buscar a integração das diversas disciplinas científicas específicas por meio de uma síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada. Nesta direção o mapeamento das unidades de paisagens identificadas sob a perspectiva de suas fragilidades frente às condições materiais e possíveis intervenções humanas é de valiosa importância.

Ressalta-se que as observações e ponderações realizadas pelos mapeamentos de fragilidade ambiental colaboram sensivelmente no planejamento ambiental e na tomada de decisão sobre a viabilidade ambiental de atividades de cunho antrópico, em especial as que envolvem projetos de engenharia.

No caso dos projetos de engenharia, em particular das Usinas Hidrelétricas, o mapeamento das Fragilidades ambientais tem sido utilizado na decisão sobre a liberação de seu licenciamento ambiental, bem como na elaboração dos Estudos de Inventário, onde são utilizados Índices de Custo Benefício, baseados nos indicadores encontrados no Mapeamento de Fragilidades Ambientais para a definição da partição de queda.

Destaca-se que para a elaboração dos indicadores é necessário o trabalho com diversas variáveis - tais como: uso do solo, solos, superfícies de água, geomorfologia, geologia, vegetação, etc – simultaneamente. Ademais, esta complexidade de análise requer o trabalho de uma equipe multidisciplinar, bem como o uso de ferramentas tecnológicas capazes de incorporar a variável

espacial em suas análises. Tendo esta questão em foco a Geografia forneceu como auxílio às ferramentas de geoprocessamento.

No caso em tela a decisão de estudar e analisar as fragilidades ambientais na Área de Influência Direta da Usina Hidrelétrica de Belo Monte se deve pela polêmica envolvida na implementação desta Usina, bem como devido à importância do empreendimento para o desenvolvimento local, regional e nacional.

Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi aplicar as ferramentas de geoprocessamento e as possibilidades inerentes à tecnologia de SIGs, como instrumento de apoio à gestão ambiental, em especial na geração de mapas de Fragilidade Ambiental. Entre os objetivos específicos atrelados ao desenvolvimento deste trabalho considera-se:

A elaboração de um modelo de análise de integração de dados ambientais apoiado no geoprocessamento, destinando a gerar subsídios à elaboração da carta de Fragilidade ambiental;

A estruturação de banco de dados georreferenciado dos temas analisados;

A construção de mapeamentos avaliativos, a partir de técnicas de geoprocessamento, que mostrem as zonas de fragilidades;

Comparação dos Resultados encontrados com as proposições feitas no Estudo de Impacto Ambiental da Usina Hidrelétrica.

Referencial Teórico

Geossistemas e Unidades da Paisagem

Segundo Araújo⁷, o conceito de geossistema foi definido pelo geógrafo soviético Sotchava (1963), utilizado pelo geógrafo Stoddart em 1967 e pelo alemão Neef em 1969. A partir dessas datas, transformou-se em um termo científico utilizado por todos os especialistas da Ciência da Paisagem.

⁶SÃO PAULO (Estado), Secretaria de Meio Ambiente – SEMA. **Plano de Manejo do Parque Estadual Intervales**. São Paulo: SEMA, 2007.

⁷ARAÚJO, Hélio Mário de. Geossistemas na bacia costeira do rio Sergipe: taxonomia e Interações da paisagem morfológica. **Revista Geografia: Ensino & pesquisa**, v. 12, n. 2, p. 3338-3552, 2008. ISSN 0103-1538. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/vslagf/eixo3.pdf> Acesso em: 11 jan. 2011.p. 3340

Na visão de Sotchava relatada por Dias e Santos⁸ o geossistema é:

o resultado da combinação de fatores geológicos, climáticos, geomorfológicos, hidrológicos e pedológicos associados a certo(s) tipo(s) de exploração biológica. Tal associação expressa à relação entre o potencial ecológico e a exploração biológica e o modo como esses variam no espaço e no tempo, conferindo uma dinâmica ao geossistema. Por sua dinâmica interna, o geossistema não apresenta necessariamente homogeneidade evidente. Na maior parte do tempo, ele é formado de paisagens diferentes, que representam os diversos estágios de sua evolução.

Monteiro⁹ avalia que a aplicação do método geossistêmico auxilia nas estruturas dos chamados subsistemas, através de uma hierarquia da dinâmica espacial e ambiental e também natural e social, que apresentam caráter vertical e horizontal, desempenhando a análise geográfica de forma estruturada e hierárquica.

Oportunamente, Rodrigues¹⁰ lembra que apesar de ter sido formulada pela escola russa por meio de Sotchava, que propõe o conceito e dele se utiliza de forma pioneira, a teoria foi difundida no mundo ocidental pela escola francesa e por iniciativa de G. Bertrand, em 1968. Sobre a proposição de Bertrand, Rosolém e Archela¹¹, avaliam que este resgata o conceito de geossistema criado por Sotchava (1963), incorporando a ele a dimensão da ação antrópica, sendo assim uma

categoria espacial de componentes relativamente homogêneos, cuja dinâmica resulta da interação entre o potencial ecológico, a exploração biológica e a ação antrópica.

A proposta de delimitação de Bertrand (1971) *apud* Rosolém e Archela¹² referente à escala de análise, tinha como objetivo apresentar uma tipologia dinâmica da paisagem que representa-se a hierarquia de seus elementos classificando em unidades superiores (zona, domínio e região) e unidades inferiores (geossistema, geofácies e geótopo).

Zonneveld (1989 *apud* Pereira)¹³, posteriormente, considera que a unidade de paisagem é sinônimo de “Unidade de Terreno” e representa uma parte da superfície da terra ecologicamente homogênea para uma determinada escala. Este autor considerava tratar-se de uma ênfase de um “corpo complexo”, cujas partes são estudadas por cada área específica do conhecimento, sendo portanto, capazes de serem reconhecidas como entidades holísticas com todas as propriedades de corpos holísticos, incluindo os fluxos de energia e matéria caracterizando também como um sistema aberto.

Ainda, sobre os estudos da Paisagem destacam-se as teorias de Jean Tricart, devido seu trabalho sobre a classificação de unidades ecodinâmicas do meio ambiente. Mezzomo¹⁴ destaca que na visão de Tricart os estudos dos ambientes sobre a perspectiva integrada é realizado com base na compreensão de que não há ecossistemas sem que haja a interferência do homem de alguma forma. Neste sentido, a interpretação sistêmica permitiria adotar uma

⁸DIAS, Janise; SANTOS, Leonardo. A paisagem e o geossistema como possibilidade de leitura da expressão do espaço sócio-ambiental rural. *Confins*, n°1, 2007. Disponível em: <http://confins.revues.org/10> Acesso em: 1 mar. 2011.

⁹MONTEIRO, C. *Geossistemas: a história de uma procura*. São Paulo: Contexto, 2001.

¹⁰RODRIGUES, Cleide. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos. *Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo*. Ed. 14. 2001. Disponível em: http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_14/RDG14_Cleide.pdf. Acesso em: 15 Jan. 2011.

¹¹ROSOLÉM, Nathália Prado; ARCHELA, Rosely Sampaio. Geossistema, Território e Paisagem como método de análise geográfica. In: Seminário Latino-Americano De Geografia Física, 6., 2010, Coimbra. *Anais*. Universidade de Coimbra, maio de 2010. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema1/nathalia> Acesso em: 1 mar. 2011.

¹²ROSOLÉM, Nathália Prado; ARCHELA, Rosely Sampaio. Geossistema, Território e Paisagem como método de análise geográfica. In: Seminário Latino-Americano De Geografia Física, 6., 2010, Coimbra. *Anais*. Universidade de Coimbra, maio de 2010. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema1/nathalia> Acesso em: 1 mar. 2011.

¹³PEREIRA, Eduardo Quirino. *Integração de parâmetros morfodinâmicos e adequação de uso das terras para o ordenamento territorial da bacia do rio Muricizal – Tocantins*. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos: INPE, 2000. 106 f. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Pereira-E-Q-2000/publicacao.pdf> Acesso: 10 fev 2011.p. 22

¹⁴MEZZOMO, Maristela Denise Moresco. Considerações sobre o termo “paisagem” segundo o enfoque Geoecológico. In: NUCCI, João Carlos (org). *Planejamento da Paisagem como subsídio para a participação popular no desenvolvimento urbano*: estudo aplicado ao bairro de Santa Felicidade – Curitiba/PR. Curitiba: LABS/DGEOG/UFPR, 2010.p. 6)

atitude dialética entre a necessidade da análise, resultante do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação, e a necessidade de uma visão de conjunto capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre o meio ambiente. Esta forma de abordagem visualiza a paisagem numa perspectiva evolucionista, baseada na interação entre os elementos bióticos e abióticos.

Sobre o conceito de paisagem, Claval (1967 *apud* Saraiva)¹⁵ pondera que as delimitações geográficas da paisagem são arbitrárias e é impossível achar um sistema geral do espaço que respeite os limites individuais de cada fenômeno. A escolha dos critérios a serem utilizados na identificação, caracterização e delimitação das unidades de paisagem, sejam eles naturais ou sociais, dependem inteiramente dos objetivos do trabalho. Não há padrões ou modelos rígidos a serem seguidos, mas uma proposta de procedimento metodológico coerente com a abordagem da pesquisa (Venturi, 1997 *apud* Saraiva).

Bertrand (1978 *apud* Dias e Santos)¹⁷, posteriormente, difere a “paisagem” do “geossistema” e do “ecossistema” distinguindo os dois últimos como produções naturalistas “mais ou menos” com aspectos sociais (impactos antrópicos), e a paisagem como uma análise social, que incorpora o natural finalizado, ou seja, a base natural já trabalhada pela ação das sociedades nas suas diversas maneiras. Para o autor supracitado o “geossistema” e o “ecossistema” são conceitos (concretos) quantificáveis fundados sobre medidas e estabelecimento de balanços energéticos. São conceitos espaciais (*chorologiques*) enquanto a paisagem é um processo, produto do tempo e, mais precisamente, da história social.

Por fim, Monteiro¹⁸ lembra que o debate em torno do conceito “geossistema” no Brasil está ainda em andamento. Ele afirma que o tratamento

geossistêmico visa a integração das variáveis “naturais” e “antrópicas” (etapa análise), fundindo “recursos”, “usos” e “problemas” configurados (etapa integração) em “unidades homogêneas” assumindo papel primordial na estrutura espacial (etapa síntese) que conduz ao esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente (etapa aplicação) do diagnóstico.

Fragilidade ou Vulnerabilidade Ambiental?

Na literatura é possível encontrar trabalhos utilizando os termos Vulnerabilidade e Fragilidade de forma indistinta, como se fossem sinônimos, entretanto conforme iremos mostrar, de forma breve, há uma distinção, no Brasil, entre os termos. Ademais, verifica-se a existência de várias classes de Fragilidade, tais como: Potencial, Empírica, Emergente, entre outras. Neste tópico, iremos apresentar alguns destes conceitos e, principalmente, apresentar a distinção entre Vulnerabilidade e Fragilidade Ambiental.

Spörl¹⁹, de forma mais apropriada e ampla, explica em sua tese de doutorado que:

o termo fragilidade ambiental está ligado à susceptibilidade do sistema de sofrer intervenções ou de ser alterado. Quando é quebrado o estado de equilíbrio dinâmico o sistema pode entrar em colapso, passando para uma situação de risco. A desestabilização do sistema pode ter como indutores tanto processos naturais, quanto ações antrópicas. (p. 25)

Kawakubo et all. (2005 *apud* Gonçalves)²⁰ ao trabalharem o conceito de Fragilidade Ambiental inserem na discussão o conceito de Fragilidade Potencial. Estes definem a “fragilidade potencial” como a vulnerabilidade natural do ambiente, em

¹⁵SARAIVA, Fabiano. **A unidade de paisagem serra do mar no estado do Paraná: perspectiva de abordagem a partir do geossistema.** Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Geografia. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2004.

¹⁶Idem

¹⁷DIAS, Janise; SANTOS, Leonardo. A paisagem e o geossistema como possibilidade de leitura da expressão do espaço sócio-ambiental rural. **Confins**: revista franco-brasileira de geografia, n. 1, 2007. ISSN 1958-9212. Disponível em: <http://confins.revues.org/10> Acesso em: 1 mar. 2011.

¹⁸MONTEIRO, C. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2001.

¹⁹SPÖRL, Christiane; ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **Revista GeoUSP**, São Paulo, n. 15, p. 39-49, 2004.

²⁰GONÇALVES, Geula Graciela Gomes. Caracterização empírica da Fragilidade Ambiental em Bacias Hidrográficas: o caso da bacia do Rio Dourados – MS. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., 2009, Corumbá. **Anais...** Corumbá, 2009. Disponível em: <http://www.geopantanal2009.cnptia.embrapa.br/cd/pdf/p104.pdf> Acesso em: 25 fev. de 2011. p. 1.

função de suas características físicas como a declividade e o tipo de solo. Enquanto que a “fragilidade potencial além de considerar as características físicas, contempla também, os graus de proteção dos diferentes tipos de uso e cobertura vegetal sobre o ambiente.

Já o conceito de Fragilidade Empírica trazido por Ross (1994) baseia-se na ampliação do conceito de Tricart (1977) para aplicação no planejamento ambiental, buscando associar os ambientes instáveis àqueles que estão sob intervenção antrópica, enquanto os estáveis ou de instabilidade emergente associam-se àqueles que se encontram em seu estado natural sem a ação do homem.

Para Ross²¹ a Fragilidade é obtida a partir da análise do relevo, litologia e estrutura, solos, clima e uso/cobertura vegetal. Avalia-se então a morfometria do relevo (declividade, dissecação horizontal e vertical pela drenagem); as classes de fragilidade ou erodibilidade dos solos e por último, o grau de proteção pelo uso e cobertura da terra, obtido a partir de imagens de satélite ou fotografias aéreas.

Já o conceito de Vulnerabilidade é trazido à baila pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE - capitaneado por Crepani²² ao desenvolver metodologias para o Zoneamento Ecológico Econômico. O conceito de Vulnerabilidade, conforme expõe Pereira²³, está relacionado à obtenção da Carta de Vulnerabilidade à perda do solo, ou seja, a utilização do termo Vulnerabilidade está atrelada a uma análise para perda do solo.

Com base nesta breve discussão verifica-se que o termo Fragilidade Ambiental está relacionada ao grau de sensibilidade de uma variável (solo, clima, geomorfologia, etc.) a qualquer tipo de dano. Enquanto que o termo vulnerabilidade está relacionado ao grau de sensibilidade para perda do solo.

Modelos de avaliação de Fragilidades Ambientais

Há diversos modelos e propostas de modelos de mapeamento e avaliação de Fragilidade Ambiental. Entre os estudiosos que se destacam dentro deste tema encontram-se Monteiro (2001), Ross (1994) e Crepani (2001).

Para este trabalho optou-se por adotar a metodologia mais difundida que é a do geógrafo Jurandyr Ross. Entretanto, tendo em vista as especificidades que a área de estudo possuiu em alguns momentos, foi necessária a utilização de outros teóricos.

No tópico seguinte são apresentados maiores detalhes sobre o modelo proposto por Ross (1994).

Modelo proposto por ROSS

Para Ross²⁴, a avaliação da fragilidade é formada pela aplicação de duas metodologias alicerçadas por parâmetros geomorfológicos ou morfométricos. Sendo que o primeiro se baseia nos índices de dissecação do relevo e a segunda tem como base as classes de declividade.

Ross²⁵ fundamenta-se no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre seus componentes físicos e bióticos. Para o autor o procedimento metodológico para a definição das Fragilidades Ambientais ocorre por meio de duas etapas:

No primeiro instante são feitos os estudos básicos do relevo, solo, geologia, clima, uso da terra e cobertura vegetal etc;

No segundo momento, as informações são analisadas de forma integrada gerando um produto síntese que expressa os diferentes graus de fragilidade que o ambiente possui em função de suas características genéticas.

²¹ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 1996.

²²CREPANI, Edison.; MEDEIROS, José Simeão de; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, Valdete.;HERNANDEZ, Pedro Filho. ; FLORENZANO, Teresa Gallotti; BARBOSA, Cláudio Clemente Faria. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial**. INPE, São José dos Campos, SP, 2001.

²³PEREIRA, Eduardo Quirino. **Integração de parâmetros morfodinâmicos e adequação de uso das terras para o ordenamento territorial da bacia do rio Muricizal – Tocantins**. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos: INPE, 2000. 106 p. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Pereira-E-Q-2000/publicacao.pdf> Acesso: 10 fev2011

²⁴ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, DG-FFLCH-USP, São Paulo, n. 8,.p. 63-74, 1994.

²⁵idem

Tendo em vista os diferentes estados de equilíbrio e desequilíbrio que o ambiente está submetido, Ross²⁶ sistematiza uma hierarquia nominal de fragilidade representada por códigos: muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5). Estas categorias expressam especialmente a fragilidade do ambiente em relação aos processos ocasionados pelo escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais.

Por fim, para o autor supracitado, a preparação de pranchas para cada um dos temas e a hierarquização do grau de fragilidade de cada classe temática conforme indicando na tabela apresentada anteriormente, seguida pelo cruzamento das informações citadas anteriormente, permite a obtenção de um produto cartográfico síntese, representando as unidades ecodinâmicas.

Sistemas de Informação Geográfica

O SIG é dito por alguns autores como o instrumento de elaboração eletrônica que permite coleta, gestão, análise e representação automatizada de dados georreferenciados. Marini (1988 *apud* MOURA, 2005)²⁷ coloca que são esperadas dos SIG as seguintes capacidades:

Gestão de Banco de dados indexados espacialmente;

Obtenção de informações de forma eficiente dos bancos de dados sobre a existência, localização e propriedades de um grande número de objetos;

Flexibilidade do sistema a se adaptar as necessidades do sistema;

Possibilidade de adquirir conhecimento sobre os objetos tratados durante o sistema;

Segundo Bernaski²⁸, um SIG pode ser utilizado para a produção de mapas gerando um banco de dados geográficos, que dará suporte para as análises espaciais de diversas ordens. Sendo assim, pode-se perceber que tal arte traz possibilidades grandiosas de conhecimentos e análises.

Segundo Secondini (1998 *apud* MOURA)²⁹, a utilização do SIG torna possível a constatação sempre mais analítica e objetiva da organização territorial de um lado e por outro lado, faz emergir novos elementos de conhecimento e novas sugestões de interpretação relacionadas particularmente a fenômenos econômicos e sociais em função de sua distribuição no território.

De forma sucinta, pode-se dizer que SIG são ferramentas que manipulam objetos (ou feições geográficas) e seus atributos (ou registros que compõem um banco de dados) por meio do seu relacionamento espacial.

Empreendimento e Caracterização da Área de Estudo

Os dados e informações apresentadas neste capítulo são oriundos do Estudo de Impacto Ambiental da Usina hidrelétrica de Belo Monte elaborado pela Leme Engenharia no de 2009, o qual foi aprovado pelo IBAMA.

Caracterização do Empreendimento

A usina está localizada no estado do Pará, no rio Xingu e está dividida em três sítios (Pimental, Bela Vista e Belo monte). O eixo da Barragem Principal situa-se no rio Xingu, cerca de 40 km a jusante da cidade de Altamira, seguindo-se o encaminhamento pelo rio. O Canal de Fuga da Casa de Força Principal localiza-se a cerca de 9,5 km a jusante da vila de Belo Monte, situada no município de Vitória do Xingu.

O aproveitamento compreende um barramento principal no rio Xingu (denominado, nos Estudos de Viabilidade, de Sítio Pimental), de onde as vazões são derivadas por canais para que a geração de energia possa ser realizada no Sítio Belo Monte, distante 50 km por estrada, favorecendo-se, desse modo, de uma queda com cerca de 90 m de altitude. Resultante dessa configuração, formar-se-á

²⁶*ibidem*

²⁷MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano**. Belo Horizonte, 2005. p. 14.

²⁸BERNASKI, Sandra; WATZLAWICK, Luciano Farinha. **A arte cartográfica e sua utilização nas análises ambientais**. 2006. Disponível em: http://web03.unicentro.br/especializacao/Revista_Pos/P/C3%A1ginas/2%20Edi%C3%A7%C3%A3o/Engenharia/PDF/1-Ed2_EN-ArteCar.pdf. Acesso em: 09 nov. 2010.

²⁹MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano**. Belo Horizonte: Ed. da Autora, 2005. 294.

um trecho de cerca de 100 km de extensão (vide subitem a.2) no rio Xingu a ser submetido a uma vazão residual, que será também aproveitada para geração de energia em uma Casa de Força complementar, localizada junto à Barragem Principal.

O reservatório terá Nível Máximo Normal de operação na cota 97,0 m, apresentando, na realidade, dois compartimentos distintos: um a ser formado na calha do rio Xingu, que compreende a área de inundação deste corpo hídrico na cota 97,0 m; e outro configurado a partir de dois canais de derivação, conduzindo as vazões desviadas do rio Xingu até a Casa de Força Principal. Em acordo com esta configuração, estes dois compartimentos serão denominados neste EIA, respectivamente, de “Reservatório do Xingu” e de “Reservatório dos Canais”.

Caracterização da área de Influência

Nos tópicos seguintes é descrito as características da área de influência direta de Belo Monte.

Área de Influência Direta

A Área de Influência Direta - AID cobre uma área de 5.149,78 km². Esta área compreende cinco municípios, são estes: Altamira, Brasil Novo, Senador José Porfírio e Anapu.

Tipo de Solos

O Mapa de Solos da Área de Influência Direta, foi elaborado na escala 1:100.000. Ao todo foram mapeados 18 tipos de solos diferentes. As principais classes identificadas foram: Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico (Paleudults, Hapludults), Nitossolo Vermelho Eutrófico (Rhodudalfs), Latossolo Amarelo Alumínico (Kandiudox, Hapludox) e Argissolo Amarelo Alumínico (Kandiudults, Hapludults).

Ademais, para caracterização das Unidades Pedogenéticas foram adotados os critérios que indicam fertilidade, presença de plintita no perfil, granulometria, faixas de capacidade de troca de cátions indicativa do tipo de argila, faixas de topografia, que caracterizam o relevo e diferentes tipos de profundidade dos perfis dos solos. (ELETROBRAS³⁰)

Uso e ocupação

A seguir, é apresentada as classes identificadas na AID, hectares e o percentual na Área Direta de Influência.

Tabela 1 - Classes de Uso do Solo

Área de Direta de Influência Direta – AID		
Classes adotadas no mapeamento	Total (Ha)	%
Floresta ombrófila aberta com cipós2 (Estágio Primário)	58841	11,4
Floresta ombrófila aberta com palmeiras	104191	20,2
Floresta Ombrófila Densa Aluvial	42904	8,3
Associação de Floresta ombrófila aberta com palmeiras com floresta ombrófila densa aluvial	6875	1,3
Vegetação secundária (capoeira)	21590	4,1
Formações pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre – arbustiva (vegetação dos pedrais – porte arbustivo)	20011	3,9
Formações pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre – arbustiva (vegetação dos pedrais – porte arbustivo/arbóreo)	5517	1,1
Formações pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre – herbácea sem palmeiras	759	0,2
Pastagem	161378	31,3
Pasto sujo	22502	4,4
Área cultivada	476	0,1
Associação de vegetação secundária com área cultivada	4.665	0,99
Áreas urbanas, povoados, estruturas associadas	2.643	0,5
Extração mineral	67	0,01
Corpo de Água	62.824	12,2
TOTAL	515.243	100

Fonte: ELETROBRAS, 2009.

Hipsometria e Declividade

Dentro da área de estudo há uma variação altimétrica de mais de 300 metros. Ademais, o terreno em sua grande parte apresenta baixa declividade de 0 a 6%, existindo em apenas alguns pontos declividades elevadas (maiores que trinta por cento).

³⁰BRASIL, CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS- ELETROBRAS. **Estudo de Impacto Ambiental da Usina Hidrelétrica de Belo Monte** - Diagnóstico da AID e ADA, Meio Físico. Brasília: ELETROBRAS, Volume 28. pág. 379

³¹BRASIL, CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS - ELETROBRAS. **Estudo de Impacto Ambiental da Usina Hidrelétrica de Belo Monte** - Diagnóstico da AID e ADA, Meio Físico. Brasília: ELETROBRAS, Volume 28. p. 471.

Metodologia

No estudo da fragilidade ambiental da área de interesse foi aplicada tanto a metodologia proposta por Ross³² que faz o estudo dos ambientes naturais e antropizados baseada nos conceitos ecodinâmicos preconizados por Tricart (1977), como as Spörl³³ e Crepani³⁴, Domingos e Nascimento (2009), entre outros autores, como forma complementar. Ademais, ressalta-se que para este trabalho foi considerado o conceito de Fragilidade Ambiental de Ross (1994), Fragilidade Empírica.

O procedimento metodológico utilizado para a realização deste estudo pode ser desmembrado nas seguintes etapas: revisão bibliográfica; busca e coleta de dados; geração de mapas de análise e análise de resultados. A seguir é descrito os procedimentos adotados para o processamento dos dados coletados.

Processamento dos dados e elaboração dos primeiros mapas de Fragilidade Ambiental

Nesta etapa, foram analisadas três temáticas das cinco propostas por Ross (1994). Esta opção se deu em virtude do tempo de execução do trabalho. A metodologia utilizada para gerar a carta de vulnerabilidade para os temas analisados pode ser verificada a seguir.

Oportunamente, destaca-se que o processo de classificação dos diferentes elementos de interesses para a análise ambiental consiste na delimitação de áreas homogêneas adotando-se um conjunto de métodos de classificação de padrões. Por fim, é necessário pontuar que não foi possível fazer uma análise das áreas de borda devido à ausência de todas as variáveis nas áreas fora da Área de Influência Direta.

Fragilidade da declividade

Para esta etapa utilizou-se a imagem de Radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizada pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA, em 2000, com pixel de 90 metros.

Para a determinação das classes de Fragilidade da declividade foram utilizadas as classes de fragilidade de Ross (1994). (Ver tabela a seguir)

Tabela 2 - Classes de Declividade

Classe	Fragilidade	Classe de Declividade
1	Muito Baixa	0 a 6
2	Baixa	6 a 12
3	Média	12.01 a 20
4	Alta	20.01 a 30
5	Muito Alta	>30

Fonte: Elaborado pelo autor.

O procedimento foi realizado no programa Arcgis, onde foi utilizada a ferramenta “*slope*” para determinar as declividades no terreno da AID. Em seguida, foi utilizada a ferramenta “*Raster Calculator*” para que os números obtidos pela ferramenta “*slope*” fossem transformados em números inteiros. E, por fim, foi utilizada a ferramenta “*Reclassify*” para agrupar as declividades nas classes definidas anteriormente.

Fragilidade do solo

Acerca da variável solo, devido à diversidade de tipos de solo encontrados na área de Estudo foram aplicadas as classificações de Ross (1994, p. 67 *apud* PEREIRA 2000)³⁵ e Dominguez e Nascimento (2009)³⁶.

³²ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, DG-FFLCH-USP, São Paulo, n. 8,.p. 63-74, 1994.

³³SPÖRL, Christiane; ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **Revista GeoUSP**, São Paulo, n. 15, p. 39-49, 2004.

³⁴CREPANI, Edison.; MEDEIROS, José Simeão de; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, Valdete.;HERNANDEZ, Pedro Filho. ; FLORENZANO, Teresa Gallotti; BARBOSA, Cláudio Clemente Faria. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial**. INPE, São José dos Campos, SP, 2001.

³⁵PEREIRA, Eduardo Quirino. **Integração de parâmetros morfodinâmicos e adequação de uso das terras para o ordenamento territorial da bacia do rio Muricizal – Tocantins**. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos: INPE, 2000. 106 p. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Pereira-E-Q-2000/publicacao.pdf> Acesso: 10 fev 2011.

Na metodologia proposta por Ross (1994)³⁷ foram consideradas características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais, sendo os solos agrupados em cinco classes de fragilidade, conforme tabela de Classe de Fragilidade a seguir.

Tabela 3 – Classes de fragilidades de solos

Classe	Classes de Fragilidade	Tipos de solos
1	Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e vermelho amarelo, textura argilosa.
2	Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo textura média/argilosa
3	Media	Latossolo Vermelho Amarelo, Terra Roxa (Nitosolo), Terra Bruna (Nitosolos), Argissolos Vermelho Amarelo, textura média argilosa.
4	Alta	Argissolos Vermelho Amarelo, textura média/arenosa, Cambissolos.
5	Muito Alta	Argissolos com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas

Fonte: ROSS 1994 *apud* PEREIRA, 2000, p. 26³⁸.

Da mesma forma que Ross (1994), Dominguez e Nascimento (2009, p. 6)³⁹ adaptando Crepani *et al.* (2001), Medeiros e Souza (1999) definem 5 classes de Vulnerabilidade. Entretanto as classes são agrupadas de acordo com o grau de maturidade do solo. Neste método, aos solos mais desenvolvidos são atribuídos os menores valores. Assim, os Latossolos recebem valor “1” e os Argissolos valor “2”. Para todos os solos menos evoluídos, constituídos por sedimentos inconsolidados, adotam-se os maiores valores “5” e “4”, sendo o valor intermediário de “3” atribuído aos Espodosolos. (Ver tabela a seguir).

Tabela 4 - Classes de Fragilidade de solo de Dominguez e Nascimento

Fragilidade	Amplitude
Baixa	1 – 2
Baixa a média	2 – 3
Media	3 – 4
Alta	4 - 4,8
Muito Alta	4,8 – 5

Fonte: Dominguez e Nascimento (2009, p.5).

Ainda, sobre a metodologia de Domingos e Nascimento (2009), estes explicam que nas unidades de solo formadas por uma única classe adotou-se 100% do valor. Nas associações formadas por duas classes de solos foram atribuídos 60% do valor de “1” a “5” para a primeira classe de solo, conforme a sua abrangência, e 40% para a segunda classe, de menor abrangência. Nas associações constituídas por três classes de solos, foram adotados 60%, 30% e 10% - correspondendo, respectivamente, à primeira, segunda e terceira classe de solo.

Tendo como base as metodologias de Ross (1994) e Dominguez e Nascimento (2009), agrupou-se os tipos de solos da área de Estudo por classe de vulnerabilidade da seguinte forma:

³⁶NASCIMENTO, Dária Maria; DOMINGUEZ, J. M. L. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia.** São Paulo: *Revista Brasileira de Geociências*, 2009. Disponível em: http://www.sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol39_down/3903/11197.pdf Acesso em: 10 fev. 2011.

³⁷ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n° 8, p. 63-74, 1994.

³⁸PEREIRA, Eduardo Quirino. Integração de parâmetros morfodinâmicos e adequação de uso das terras para o ordenamento territorial da bacia do rio Muricizal – Tocantins. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos: INPE, 2000. 106 p. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Pereira-E-Q-2000/publicacao.pdf> Acesso: 10 fev 2011.

³⁹NASCIMENTO, Dária Maria; DOMINGUEZ, J. M. L. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia.** São Paulo: *Revista Brasileira de Geociências*, 2009. Disponível em: http://www.sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol39_down/3903/11197.pdf Acesso em: 10 fev. 2011.

Tabela 5 - Classes de Vulnerabilidade Ambiental de Solos

Classes	Fragilidade	Classe de solos
1	Muito Baixa	Latossolo Amarelo Alumínico - LAa1, Latossolo Amarelo Alumínico Típico - LAa2
2	Baixa	Nitossolo Vermelho Eutrófico Típico - NVe., Latossolo Vermelho-Amarelo Alumínico Típico LAa1, Latossolo Vermelho-Amarelo Alumínico Típico -LAa2
3	Media	Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico Típico - PVAa1, Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico Típico -PVAa2, Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico Típico -PVAa4; Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico Típico -PVAa5; Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico Típico -PVAa6; Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico Típico -PVAa7, Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico Típico -PVAa8, Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico Típico -PVAa9; Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico Típico -PVAa10, Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico Típico -PVAa11; Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Típico - PVAe; Argissolo Amarelo Alumínico Típico - PAa1, Argissolo Amarelo Alumínico Típico - PAa2, Argissolo Amarelo Alumínico Típico - PAa3, Argissolo Amarelo Alumínico Típico - PAa4, Argissolo Amarelo Alumínico Típico -PAa5, Argissolo Amarelo Alumínico Típico- PAa7; Argissolo Amarelo Alumínico Típico -PAa9; Neossolo Quartzarênico Órtico Alumínico Típico - RQoa; Nitossolo Háptico Eutrófico Típico- NXe, Neossolo Quartzarênico Hidromórfico Típico - RQga, Espodossolo Cárbico Hiperespessos Típico - Eku;
4	Alta	Cambissolo Háptico Tb Eutrófico Típico - CXbe, Cambissolo Háptico Tb Distrófico Típico - CXbd1; Cambissolo Háptico Tb Distrófico Típico -CXbd2; Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico - PVAa7; Argissolo Acinzentado Alumínico Plíntico - PACa; Neossolo Flúvico Tb Distrófico Típico - RUBd; Plintossolo Háptico Alumínico Típico - FXa4, Plintossolo Háptico Alumínico Típico - FXa, Plintossolo Pétrico Concrecionário Alumínico Típico -FFca;
5	Muito Alta	Neossolo Litólico Distrófico Típico - RLd1; Neossolo Litólico Distrófico Típico - RLd2; Neossolo Litólico Distrófico Típico - RLd3; Neossolo Litólico Distrófico Típico - RLd4; Planossolo Hidromórfico Distrófico Típico - SGd; - Afloramento de rochas relevo montanhoso e forte ondulado - AR1; Afloramento De Rochas + Neossolo Quartzarênico Hidromórfico Alumínico AR2, Gleissolo Háptico Tb Alumínico Típico - CXba1, Gleissolo Háptico Tb Alumínico Típico -GXba2.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Fragilidade do Uso e Ocupação do Solo

Segundo Ross (1994)⁴⁰, a metodologia para a análise da fragilidade do solo, também, deve levar em consideração a cobertura que a vegetação e a atividade antrópica sobre este. Afinal, dependendo do tipo de cobertura vegetal há uma proteção maior ou menor quanto aos processos morfodinâmicos. Assim, este agrupa os tipos de cobertura e uso dos solos e suas classes de fragilidades, conforme tabela a seguir.

Tabela 6 - Classes de Proteção dos Usos e cobertura do solo

Classes	Fragilidade	Tipos de uso e cobertura
1	Muito Baixa	Alta Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
2	Baixa	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (Mata secundária, Cerrado Denso, Capoeira Densa). Mata homogênia de Pinos densa. Pastagens cultivas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
3	Media	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
4	Alta	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento.
5	Muito Alta	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionista.

Fonte: Ross, 1994.

Tendo como referência a metodologia de Ross (1994), elaborou-se as classes de vulnerabilidade do uso do solo para área de estudo (Ver tabela a seguir).

⁴⁰ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, DG-FFLCH-USP, São Paulo, n. 8,.p. 63-74, 1994.

Tabela 7 - Classes de Fragilidade do Uso do Solo

Classes	Fragilidade	Tipos de uso e cobertura
1	Muito Baixa	Floresta Ombrófila Densa Aluvial; Associação de Floresta ombrófila aberta com palmeiras com floresta ombrófila densa aluvial; Floresta ombrófila aberta com cipós, Floresta ombrófila aberta com palmeiras; Associação de Floresta ombrófila aberta com palmeiras com floresta ombrófila densa aluvial.
2	Baixa	Formações pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre – arbustiva (vegetação dos pedrais – porte arbustivo; Vegetação secundária (capoeira); Formações pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre – arbustiva (vegetação dos pedrais – porte arbustivo/arbóreo); Formações pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre – herbácea sem palmeiras; Pasto sujo.
3	Media	Associação de vegetação secundária com área cultivada.
4	Alta	Área cultivada, Pastagem.
5	Muito Alta	Extração mineral; Áreas urbanas, povoados, estruturas associadas; Corpo de Água, Areia.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Processamento Integrado dos dados

Nesta Etapa foi realizado o cruzamento das fragilidades dos temas Declividade, Uso e Ocupação do Solo, e Solos. Para a realização desta etapa foi utilizada a ferramenta “*Weighted Overlay*” do ArcGis.

Para tanto, foi necessário, primeiramente, transformar os *shapes* de Fragilidade em *Raster*. Para esta atividade foi utilizada a ferramenta “*PoligontoRaster*”. Oportunamente, tendo em vista a repetição das atividades e o curto prazo de execução do trabalho, utilizou-se a ferramenta “*Model Build*” para agilizar a produção e para o cálculo dos pesos na ferramenta utilizou-se “*Weighted Overlay*”.

Ademais, para a definição das porcentagens de influência optou-se por distribuir igualmente os valores entre as três classes avaliadas. Esta opção se justificada pelo fato de Ross (1994) - teóricoutilizado como referência- não definir em sua metodologia a predominância de um determinado tema sobre outro.

Análise dos dados

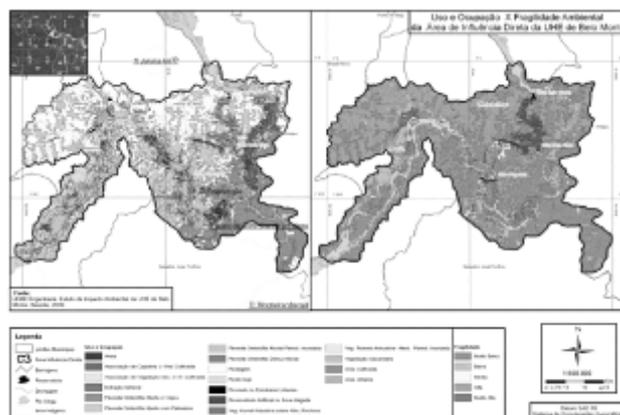
Após o processamento dos dados foi realizada a análise dos processamentos e comparação com os estudos realizados pela LEME Engenharia. Dentre os produtos obtidos do procedimento metodológico realizado, merecem destaque os mapas temáticos de Fragilidade Ambiental do uso e ocupação do solo, Declividade, Solos, e, por fim, o mapa de Fragilidade Ambiental integrada.

Fragilidade Ambiental do Uso e cobertura da terra

No tocante ao Mapa de Fragilidade Ambiental do Uso e Ocupação do Solo, verificou-se a predominância das classes “Muito Baixa” e “Alta”. A classe “Muito Baixa” ocorre, em sua maioria, nas áreas próximas as Terras Indígenas e na margem direita do rio, enquanto que a classe “Alta” ocorre predominantemente na margem esquerda do rio, onde há atividade pecuária, de forma extensiva.

A terceira classe de predominância é a de fragilidade “Baixa” e está localizada, em sua grande parte, no trecho de vazão reduzida, nas ilhas e na margem esquerda, logo no início da Área Influência Direta, esta classe é formada predominantemente por vegetação arbustiva.

As duas classes restantes – Média e Muito Alta – correspondem respectivamente, ao uso de agricultura associada a vegetação secundária e áreas urbanas ou povoados. A seguir, apresenta-se a tabela com a distribuição percentual das Classes de Fragilidade para a temática Uso e Ocupação do Solo e o Mapa Comparativo (Uso e Ocupação X Fragilidade Ambiental).



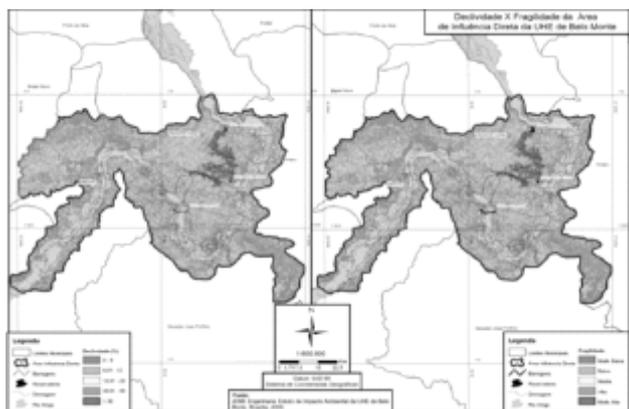
Mapa 1 – Uso e ocupação X Fragilidade Ambiental

Fonte: Elaborado pelo autor.

Fragilidade Ambiental da Declividade

A área de estudo apresenta predominância da Fragilidade “Muito baixa”, com cerca de 61 % do total, e “Baixa”, com cerca de 23% do total. Dos menos de 20% restantes, há a predominância da classe Média.

As classes “Alta” e “Muito Alta” apresentam-se distribuídas na área de Estudo, localizando-se predominantemente na futura área do reservatório da Usina. A seguir o Mapa de Declividade x Fragilidade.

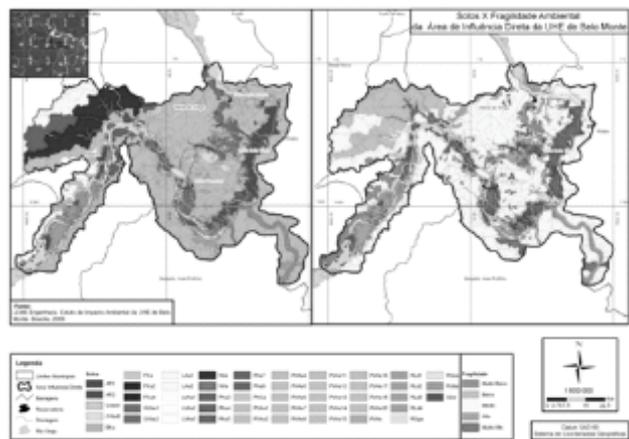


Mapa 2 – Declividade x Fragilidade Ambiental

Fonte: Elaborado pelo autor.

Fragilidade Ambiental dos Solos

Quanto à Fragilidade Ambiental para a temática Solos, há a predominância da classe “Média”, a qual é composta por Argissolos, Neossolos e Nitossolos. Quando analisado o conjunto do sistema solos constatou-se que o sistema tem uma fragilidade alta, por apresentar predominância das Fragilidades Média, Alta e Muito Alta. As demais classes, Baixa e Muito Baixa, constituem apenas 15% do total da área. A seguir apresentamos o Mapa de Solos x Fragilidade.



Mapa 3 – Solos x Fragilidade / Fonte: Elaborado pelo autor.

Fragilidade Ambiental Integrada

Após o processamento verificou-se que há um predomínio da classe Baixa e Média. As áreas classificadas como média estão localizadas, principalmente, na área do futuro reservatório. Ademais, constatou-se que esta classe/área está vinculada ao uso e ocupação pela pecuária, aos tipos de solo Argissolos, Neossolos e Nitossolos, e apresentam declividades consideradas médias e altas.

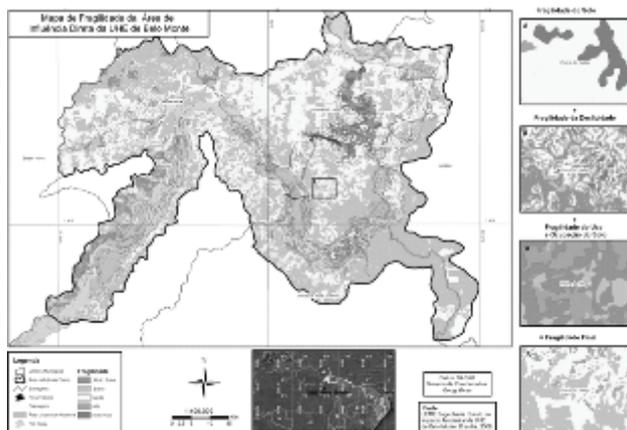
Já a classe baixa está distribuída ao longo da área de estudo, existindo concentração, principalmente, nas áreas de Terras Indígenas. Destaca-se que em algumas situações verificou-se que embora tivessem uma declividade elevada e um tipo de solo considerado de fragilidade médio, o tipo de uso do solo nestas áreas (Florestas Aberta com cipós) fez com que fosse considerado de baixa Fragilidade.

No todo ao se analisar a influência de cada temática para a produção da Carta de Fragilidade Integrada verificou-se que a temática Solos – onde houve predominância da classe de Fragilidade “Média” – interferiu na Fragilidade dos demais temas, deslocando os indicadores para o mesmo grau de Fragilidade, mesmo existindo graus de fragilidades destacadamente mais altos (Ver mapa a seguir). A seguir, apresentamos a distribuição percentual das classes e o Mapa de Fragilidade Integrada.

Tabela 8 - Distribuição percentual das classes de Fragilidade para a análise integrada

Classe	Fragilidade	Hectares	%
1	Muito Baixa	14.711,37	3%
2	Baixa	245.499,62	55%
3	Média	180.148,45	40%
4	Alta	9.855,98	2%
5	Muito Alta	50,86	0%
Total		450.266,27	100%

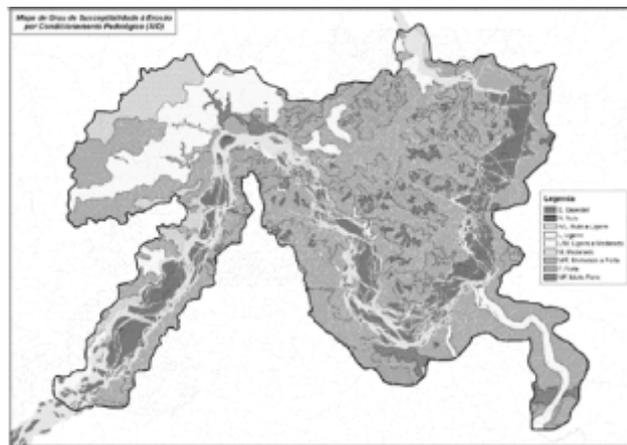
Fonte: Elaborado pelo autor.



Mapa 4-Mapa de fragilidade Ambiental da Área de Influência Direta da UHE Belo Monte. / Fonte: Elaborado pelo autor.

Comparações com as Análises do EIA da Usina

A análise integrada realizada pela empresa ELETROBRAS, disponível nos volumes 11 e 28 do Estudo de Impacto Ambiental foi direcionada à Susceptibilidade à perda de Solo, provavelmente, por ser uma das grandes preocupações para Usina. Ademais, na metodologia desenvolvida pela ELETROBRAS foi considerada a variável Geologia, Geomorfologia e Solo resultando no mapa a seguir.



Mapa 5- Susceptibilidade à perda do solo.

Fonte: ELETROBRAS, 2009.

Os resultados apresentados pela LEME apresentam certa similaridade nos mapas aqui produzidos. Entretanto, há que destacar que para a análise integrada com produção de mapas avaliados não foi considerada a variável uso e ocupação do solo o que como vimos nos tópicos anteriores tem potencial para alterar determinadas condições, definidas por outras variáveis, como: solos e declividade. A análise sobre os impactos do uso e ocupação restringiu-se ao texto, não sendo

especializado os impactos positivos e negativos dos usos.

Conclusão

Ao longo do tempo o homem tem percebido a importância de se avaliar o meio ambiente como um sistema complexo cheio de variáveis, das mais complexas às mais simples. Por isto, desenvolveu formas e modelos de análise que possibilitassem esta análise integrada das variáveis, principalmente, para avaliar os impactos resultantes das atividades antrópicas sobre o meio ambiente.

O trabalho em tela buscou produzir uma análise integrada das variáveis que compõem o sistema da Área de Influência Direta de Belo Monte para definir as fragilidade deste sistema. Para tanto, apoiou-se no modelo proposto por Ross (1994) e outros autores de igual importância. Ademais, destaca-se que para este trabalho foram utilizadas três variáveis (Solo, Declividade e Uso e Ocupação), quando os teóricos em sua maioria utilizam de cinco a seis variáveis (Solo, Declividade, Uso e Ocupação do solo, Geomorfologia, Geologia e Clima).

Os resultados obtidos por meio do levantamento de dados e aplicação da metodologia revelaram que área possui um grau de fragilidade ambiental considerado Baixo. Entretanto, os graus de fragilidades mais elevados encontram-se próximos as áreas do futuro reservatório da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, bem como das futuras estruturas.

O estudo em tela também demonstrou a importância de considerar mais variáveis nas análises integradas, como foi o caso da variável uso e ocupação do solo. Destacam-se, também, as situações em que a variável solo interferiu nas demais variáveis, deslocando para graus de Fragilidades menores do que se esperava.

Para futuros estudos recomenda-se que sejam incluídas as demais variáveis propostas pelos teóricos (Geologia, Clima e Geomorfologia), mas que aqui não foram trabalhadas pela ausência de tempo. Ademais, propõe-se que seja trabalhada também a questão do Efeito de Borda para evitar possíveis impactos nos processamento e a realização de avaliações a cada dois temas para que sejam verificadas as influências individuais de cada tema.

Artigo recebido em 06.03.2011.

Artigo aprovado em 20.04.2012.