

## O uso de técnicas de geoprocessamento na prospecção de áreas para aproveitamento de energia eólica

Mariana Torres Correia de Mello – CTGAS-ER/UFRN<sup>1</sup>  
Ralyne Evelyn Cavalcante Silva – UFRN<sup>2</sup>  
Daniel Faro do Amaral Lemos – CTGAS-ER<sup>3</sup>  
Erminio Fernandes – UFRN<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis – CTGAS-ER  
Av. Capitão-Mor Gouveia, 1480 – 59063-400 – Natal – RN, Brasil  
mariana@ctgas.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Av. Senador Salgado Filho, 3000 – 59078-970 – Natal – RN, Brasil  
ralyne.evelyn@gmail.com.br

<sup>3</sup> Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis – CTGAS-ER  
Av. Capitão-Mor Gouveia, 1480 – 59063-400 – Natal – RN, Brasil  
danielfaro@ctgas.com.br

<sup>4</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Av. Senador Salgado Filho, 3000 – 59078-970 – Natal – RN, Brasil  
erminio.fernandes@ufrnet.br

**Abstract:** This paper presents the use of GIS techniques in the identification and selection of areas that have potential for use of renewable energy resources from wind, to develop projects of power generation, considering the adoption of restrictive and inclusive conditions, such as existing local infrastructure (power grid and transport routes), proximity to residences and possible environmental factors based on the laws and regulations. For allowing the integrated analysis of a substantial amount of spatial geographic information, the computational geographic tools of geographic information systems, enable the expansion of areas of research in identifying areas favorable to the use of renewable natural resources, from prospective studies, quantitative criteria have been established that allowed to list those areas in degree of attractiveness. This technique allows us to identify and rank the most promising areas and eliminate the areas that have a number of restrictions that would unfeasible project's development, avoiding actions that modify the environment and unnecessary expenditure of resources.

**Keywords:** GIS, wind power, geographic information systems

### 1. Introdução

As exigências de uma sociedade dinâmica mais ligada ao meio ambiente priorizam a cada dia as questões ambientais como fator fundamental na qualidade de vida. Conforme afirma Leff (2001), a problemática ambiental gerou mudanças globais em sistemas socioambientais complexos que afetam as condições de sustentabilidade do planeta, propondo a necessidade de internalizar as bases ecológicas e os princípios jurídicos e sociais para a gestão democrática dos recursos naturais.

Dentre todos os fatores que remetem a sustentabilidade, destaca-se a energia, produto “motor” da sociedade há tempos. Desta forma, percebe-se que a geração de energia elétrica quando não sustentável provoca maiores alterações ambientais quando comparada as fontes renováveis que a cada dia ganha mais espaço na matriz energética brasileira.

Segundo o BEN (2011), o Brasil apresenta uma matriz de geração elétrica de origem predominantemente renovável, sendo que a geração interna a partir de hidroelétricas responde por um montante superior a 74%. Em 2011, o governo brasileiro, a partir de estudos de cenários

nacionais e internacionais para atividades econômicas, propôs o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEE) que projeta um aumento de consumo e demanda de energia elétrica para o período de 2010 a 2030 com foco no desenvolvimento da produção de energia através das fontes solar, biomassa, pequenas centrais hidroelétricas (PCH's) e eólicas.

Do ponto de vista dessa dinâmica socioambiental atual é que a energia eólica, cuja matéria-prima renovável é o vento, surge como uma alternativa mais equilibrada, em comparação as outras formas de obtenção de energia, considerada menos agressiva ao meio ambiente. Porém, como qualquer interferência antrópica é fundamental estudar e prever os possíveis danos ao meio ambiente e sociedade.

Para o desenvolvimento de um projeto de geração de energia a partir do vento são necessárias várias etapas, conforme apresentadas na Figura 1. A primeira etapa consiste na identificação e classificação das áreas de interesse por meio de análise de topografia, infra-estrutura e potencial eólico informado pelos Atlas de Potencial Eólico. A segunda etapa se constitui uma das mais importantes para continuidade das atividades, pois é nela que irá ser verificado as restrições espaciais à implantação do parque nas áreas selecionadas na primeira etapa, ou seja, a partir daí verifica-se sobre a viabilidade da continuação dos estudos naquela área.

Na terceira etapa, é iniciada a disponibilidade e negociação das áreas selecionadas para posterior iniciação das medições de ventos com a instalação de torres anemométricas (quinta etapa) com duração em média de medição de três anos. Visto a potencialidade da área, são realizados estudos de viabilidade técnica e econômica como o *Micrositing* que posiciona os aerogeradores na área de acordo com as restrições e o potencial eólico, para logo em seguida reunir os documentos e cadastrar o empreendimento na Empresa de Pesquisa em Energia (EPE) no qual irá aprová-lo e habilitá-lo para o leilão de energia proporcionado pelo governo. Caso o projeto seja aprovado no leilão, o parque eólico deverá entrar em operação em tempo pré-definido.

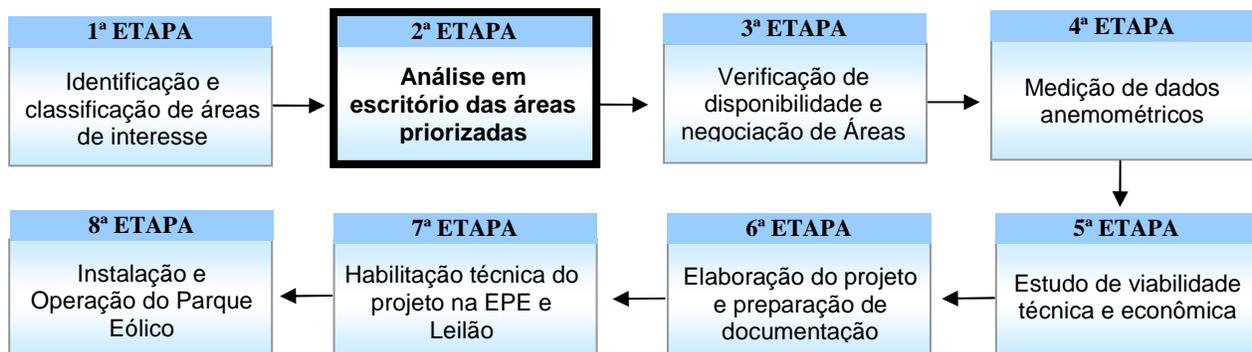


Figura 1: Fluxograma de atividades até a operação de um parque eólico.

Desta forma, a etapa de análise em escritório das áreas priorizadas é fundamental, pois torna decisiva a escolha da área diminuindo as chances de problemas futuros para a natureza, a sociedade e empreendedores, por isso a idéia que: quanto melhor e mais completo o estudo da área preliminarmente, menor será o impacto negativo daquela atividade sobre o meio e maior será o aproveitamento do entorno para aquele fim.

Portanto, o artigo em questão explanará as análises efetuadas na segunda etapa, expondo operações executadas por meio de geoprocessamento localizadas espacialmente referindo-se às restrições ambientais, análise de infra-estrutura, de ruído, presença de outros parques eólicos e

geração do recurso eólico. O artigo se baseará em uma área que devido às excessivas restrições passou a ser despriorizada.

## 2. Metodologia de Trabalho

A metodologia de trabalho constituiu-se de operações de análise espacial desenvolvidas no software ArcGIS 10.

Para análise das restrições ambientais foram levadas em consideração as Áreas de Preservação Permanente – APP's, de acordo com as Resoluções 302/02 e 303/02 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, definidas em: faixa marginal de lagoas e lagos naturais e artificiais; faixa ao redor de nascentes e olhos d'água; faixa marginal de rios; restingas; manguezal; dunas; locais com altitude superior a mil e oitocentos metros; locais de refúgio e ou reprodução de aves migratórias; locais de refúgio da fauna; praias e na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros.

Delimitou-se as APP's por imagens de satélites do Google Earth e utilizando ferramentas do ArcGIS 10 extraiu-se as faixas de restrições através da ferramenta de proximidade: *buffer*. Utilizou-se também o modelo digital de elevação do TOPODATA/INPE (modelo extraído através do refinamento do SRTM/NASA- *Shuttle Radar Topography Mission*) para extração do relevo, facilitando a visualização de determinadas APP's como: borda de chapada, altitudes superiores a 1.800m e seqüência de cumes com distâncias inferiores a 500m.

Outra restrição relevante representa o ruído produzido pelos aerogeradores, que segundo especificações técnicas, devem ficar a uma determinada distância das residências. Prevendo tal situação, é fundamental o mapeamento de cada residência existente na área, tanto isolada na zona rural, quanto agrupadas em zona urbana. Um mapa de ruído deverá ser elaborado de acordo com as especificações técnicas de cada aerogerador no qual isolinhas representarão os níveis sonoros nas vizinhanças do parque eólico, a partir daí e seguindo especificações técnicas chega-se a um resultado do máximo de distância que um aerogerador pode ficar de uma residência.

A análise da infra-estrutura baseia-se em vias de transporte e linhas de transmissão. Quanto menor a existências dessas vias e linhas, maior será o custo para interligar o parque ao sistema elétrico e os acessos para cada aerogerador, proporcionando uma maior alteração do ambiente para se executar determinadas obras.

O recurso eólico é outro fator posto em consideração para definição das melhores áreas. Através das rugosidades do terreno, dados de vento e topografia, gera-se o recurso no software WindPRO e se obtém um mapa com as informações do potencial de vento de cada local.

A partir dessas informações, são calculadas as áreas de cada restrição e contabilizado o percentual total de área sem restrições e com restrições. Após, estima-se aerogeradores na área sem restrições de acordo com a rosa de ventos do local.

## 3. Resultados e Discussão

A área denominada “Caetés”, selecionada para o estudo de caso, situa-se no estado de Pernambuco e abrange parte dos municípios de Pedra, Saloá, Paratama, Caetés, Venturosa, Pesqueira, Capoeiras, São Bento do Una, Jucati, Jupi, São João, Garanhuns e Calçado, apresentando uma área total de 1.629,38 km<sup>2</sup>, conforme Figura 2.

A primeira análise efetuada é a visualização da área com os *shapefiles* das centrais eólicas (ANEEL, 2010) e unidades de conservação (IBAMA, 2009). Observa-se que não há presença desses *layers* próximo a área, tornando-a isenta até o momento de restrições (Figura 3).

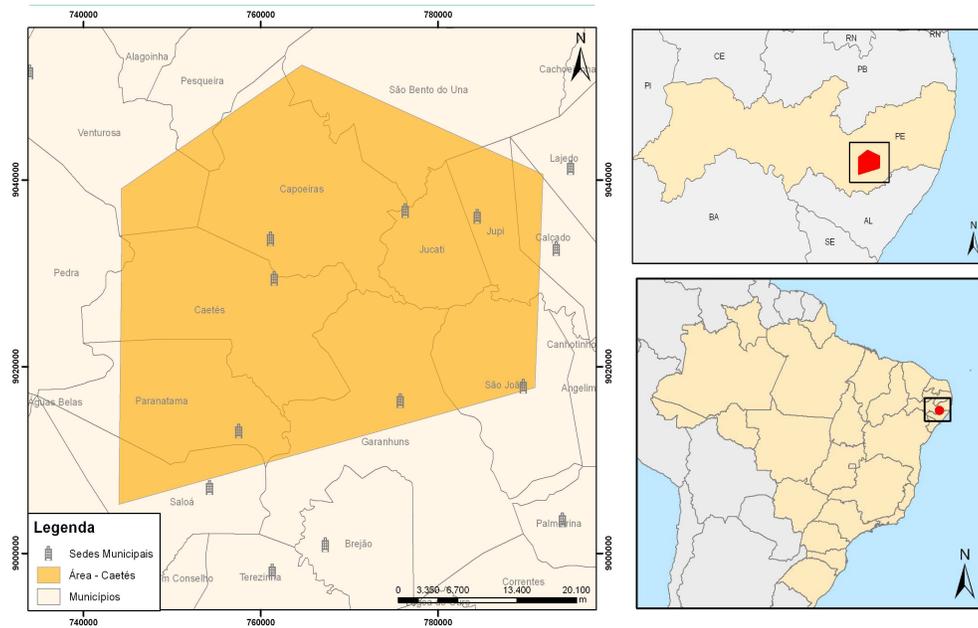


Figura 2: Localização da área utilizada para estudo de caso.

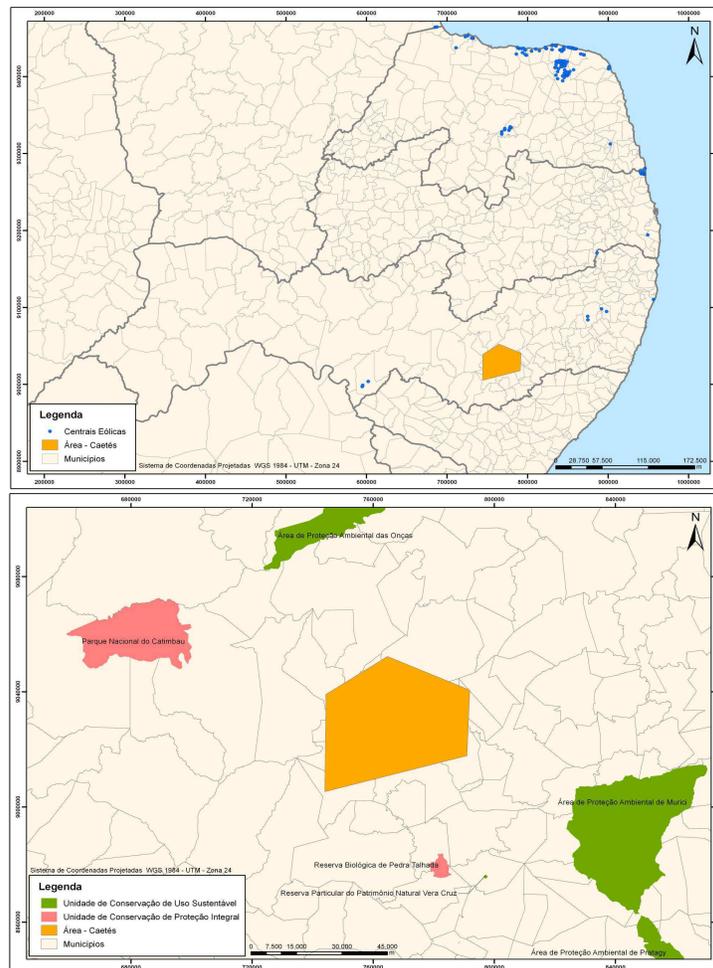


Figura 3: Parques eólicos e unidades de conservação existentes próximo da área “Caetés”.



As APP's mapeadas visualmente em "Caetés" foram os rios e os reservatórios artificiais em área urbana e em área rural e naturais em áreas rurais menores que 20 ha, totalizando 213,23 km<sup>2</sup>. Porém, o fator decisivo para despriorização desta área foi a presença das casas que representa 1.325,36 km<sup>2</sup>. Abaixo segue a Tabela 1 e a Figura 6, representando a área de cada APP e sua respectiva localização.

Logo em seguida, segue o modelo triangular irregular – TIN (Figura 7), da área para melhor visualização do relevo, gerado através do TOPODATA no software ArcGIS 10. Esta forma de representação da superfície facilita a interpretação de determinantes topográficos da área, garantindo maior visualização da superfície real comparado a outras formas como curvas de nível.

Tabela 1 – Restrições com suas respectivas áreas de "Caetés". (Fonte: CTGAS-ER, 2012)

Restrições	Área (km <sup>2</sup> )
Casas	1352,36
Reserv. Artificial - Área Urbana - 30m	0,38
Reserv. Artificial - Área Rural - 100m	52,91
Reserv. Natural (menor que 20ha) - Área Rural - 50m	2,74
Rio - 100m	157,2
Total (excluindo redundâncias)	1376,93

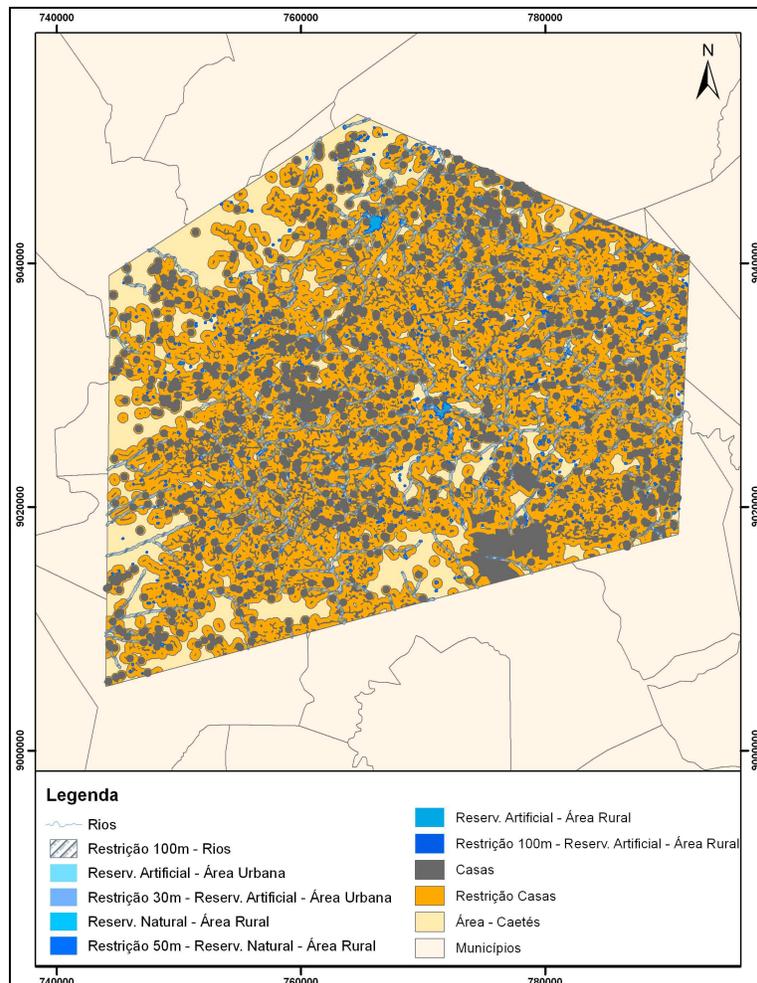


Figura 6: Restrições geradas a partir das APP's e mapeamento das casas presente na área.

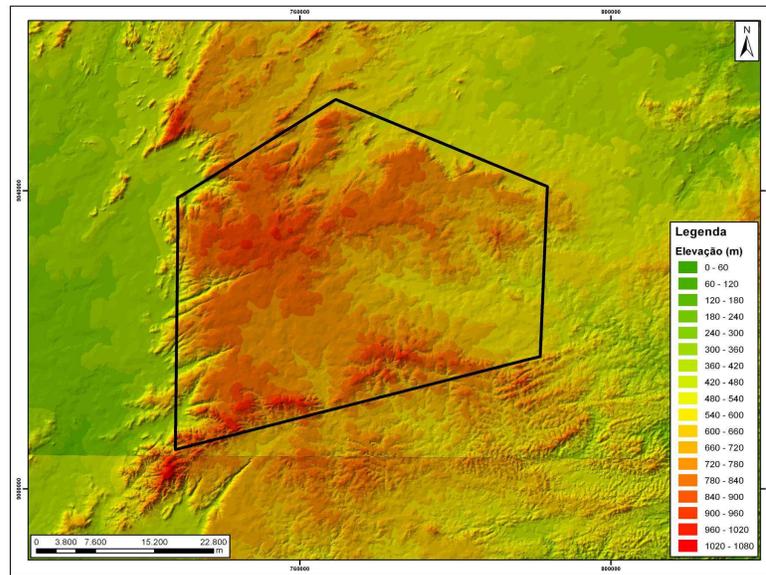


Figura 7: Representação do relevo da superfície na área “Caetés”.

O próximo passo foi a geração do recurso eólico no software WindPRO com detecção de velocidade de vento de 4,0 m/s a 9,0 m/s. Quando sobreposto as restrições, observa-se que as áreas restantes são mínimas, representando aproximadamente 16% da área. Fez-se ainda uma simulação dos aerogeradores para visualização de sua disposição nas áreas restantes (Figura 8). A Tabela 2 informa os percentuais da área com e sem restrições e a Figura 8 apresenta a área com as velocidades do vento, restrições e aerogeradores.

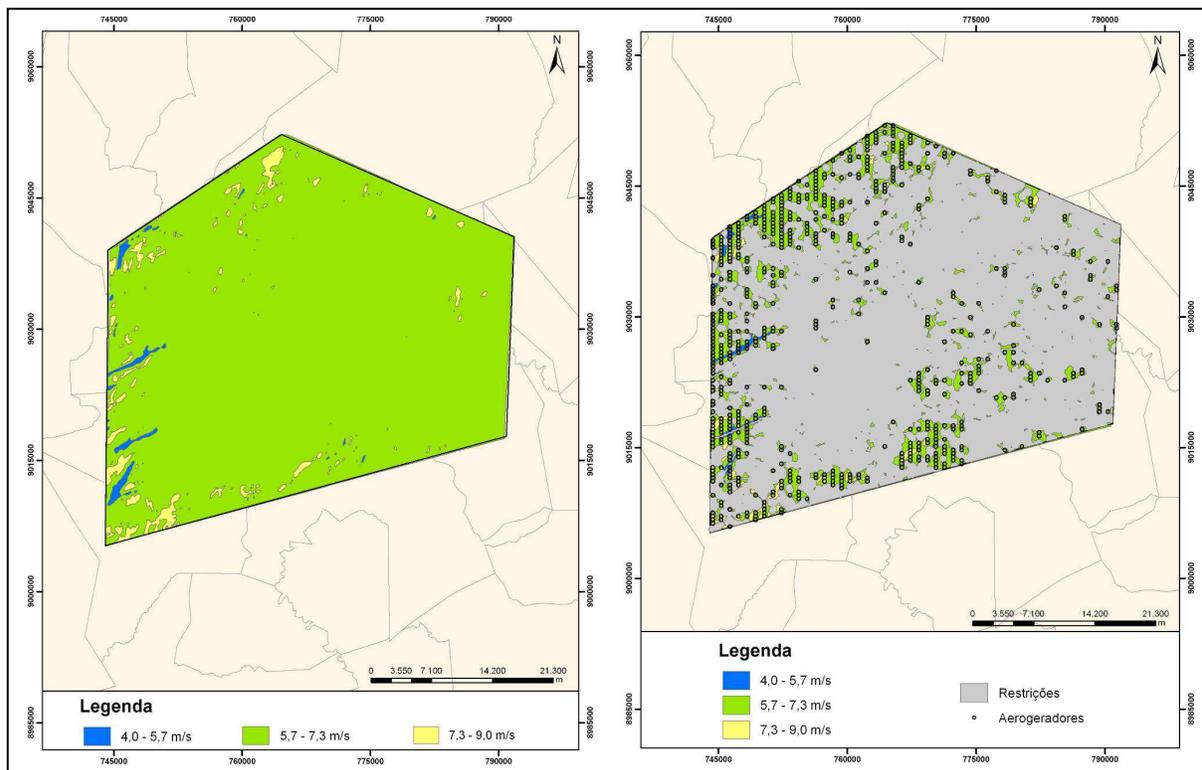


Figura 8: Velocidades do vento, restrições e aerogeradores na área “Caetés”.

Tabela 2 – Informações finais sobre as áreas com e sem restrições (Fonte: CTGAS-ER, 2012)

ÁREA TOTAL DE TERRA	1629,38	100%
<b>ÁREA COM RESTRIÇÕES</b>	<b>1376,93</b>	<b>84,51%</b>
<b>ÁREA SEM RESTRIÇÕES</b>	<b>252,45</b>	<b>15,49%</b>

#### 4. Conclusões

Conclui-se com este trabalho a importância de uma análise preliminar na fase de prospecção em energia eólica, compreendendo as limitações da área. Conhecer o ambiente e as unidades geoambientais entendendo sua relação é fundamental no estudo de qualquer atividade econômica, conforme afirma Ross (2009, p. 61):

Conhecer adequadamente a dinâmica ambiental pelas características comportamentais do relevo, dos solos, das rochas e minerais, das águas de superfície e subterrâneas, do clima, dos vegetais e animais, como também dos aspectos sociais e econômicos das sociedades humanas é fundamental para aprimorar o desenvolvimento sustentável. Para cada ambiente natural, é possível e desejável desenvolver atividades produtivas que sejam compatíveis, de um lado, com suas potencialidades e, de outro com suas fragilidades ambientais (ROSS, 2009, p. 61).

Outro fator relevante que deve ser levado em consideração é a importância do uso das ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas como fundamentais no auxílio à tomadas de decisão, podendo-se utilizar ferramentas simples, porém poderosas no aprimoramento das análises.

#### Agradecimentos

Agradecemos a PETROBRAS pela autorização da publicação das informações, essenciais para a elaboração desse trabalho.

#### Referências Bibliográficas

- BEN. **Balanco Energético Nacional 2011** (Ano Base 2010). Ministério das Minas e Energia. Disponível em: Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 19 jul. 2012.
- Brasil. CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002.
- Brasil. CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002.
- Leff, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2001.
- Custódio, R. S. **Energia Eólica para Produção de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2009.
- Ross, J. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios ao Planejamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.