



VI-162 - ANÁLISE ESPACIAL PARA INSTALAÇÃO DE AEROGERADORES NO LITORAL MÉDIO-LESTE, PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

Dora Maria Orth⁽¹⁾

Arquiteta e Urbanista pela UNISINOS-RS (1981), Doutora em Planejamento Territorial/NANCY II-França (1991), Prof.^a. Adjunta IV do Departamento de Engenharia Civil - ECV/UFSC. Coordenadora do GrupoGE/ECV/UFSC, membro Fundador da RUIITEM.

Josiane Rovedder

Bióloga pela Universidade Federal do Rio Grande, Mestre em Sensoriamento Remoto pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, doutoranda no Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Catarina (CTC/ECV/UFSC).

Sálvio José Vieira

Eng. Sanitarista e Eng. Civil/ Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC (1987 e 1989), Mestre e Doutor no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Área: Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial – UFSC (1999 e 2007).

Raquel Carvalho da Silva

Engenheira Ambiental pela Universidade do Extremo Sul Catarinense, mestranda no Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (CTC/ECV/UFSC).

Endereço⁽¹⁾: Rua João Pio Duarte da Silva s/n – Córrego Grande - Florianópolis - SC - CEP: 88040-970 - Brasil - Tel: (48)37217765 - e-mail: ecv1dmo@ecv.ufsc.br

RESUMO

O crescimento das demandas ambientais da sociedade tem exigido do setor produtivo respostas cada vez mais eficientes aos problemas causados ao meio ambiente. O rápido adensamento industrial e o crescimento do consumo, verificado nas últimas décadas, deixaram os limites do planeta cada vez mais tangíveis, no que diz respeito tanto à extração de matéria prima quanto ao uso dos recursos naturais, como corpos receptores dos resíduos gerados. Sendo assim, um dos grandes desafios da atualidade é o gerenciamento de recursos que se tornarão cada vez mais escassos para as crescentes necessidades do planeta. A energia eólica enquadra-se como uma alternativa à preservação ambiental e uma das soluções viáveis para os problemas energéticos do futuro. No entanto, a viabilidade econômica e ambiental dos investimentos é muito distinta de país para país e de região para região dependendo, entre outros aspectos, da distribuição geográfica do potencial eólico. A utilização dos conhecimentos e tecnologias adequadas torna possível satisfazer um vasto leque de necessidades. Fazendo uso de um Sistema de Informação Geográfica, apresenta-se neste trabalho uma investigação sobre as áreas mais aptas para acolher parques eólicos na Restinga da Lagoa dos Patos, litoral médio-leste, da planície costeira do Rio Grande do Sul, proporcionando uma base para a elaboração de políticas ambientais regionais, auxiliando os tomadores de decisões. Na análise da restinga da Lagoa dos Patos, as áreas mais aptas à implantação desses aerogeradores são compostas por uma região de planícies altas, médias e baixas, compostas por dunas obliteradas mantos de aspersão eólica, campos litorâneos, áreas de reflorestamentos e áreas sem uso, correspondendo a um grande potencial eólico identificado nessa região e à baixa rugosidade do terreno, o que permite uma maior incidência dos ventos que sopram no continente. Espera-se ainda que este trabalho possa vir a contribuir como uma ferramenta metodológica para futuros estudos sobre energias alternativas no Rio Grande do Sul e nos demais Estados membros da República Federativa do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Informações Geográficas, Energia Eólica, Restinga da Lagoa dos Patos.



INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são de grande importância para a humanidade, sendo o desenvolvimento econômico nestas regiões determinado pela proximidade dos oceanos. São áreas que mantêm parte dos recursos marinhos vivos e minerais e estão entre aquelas mais intensivamente utilizadas do globo.

A zona costeira do Rio Grande do Sul está caracterizada por uma ampla planície costeira de 700 km de extensão e até 120 km de largura, onde falésias, cristas de praia, pontais arenosos suspensos, campos de dunas e como ao sul de Rio Grande, compõe um sistema complexo de barreiras arenosas que aprisionam um grande sistema lagunar (Laguna dos Patos e Mirim) e uma série de outros corpos de água de proporções inferiores (Villwock, 1984).

Com uma superfície de aproximadamente 3.700 km², a Restinga da Lagoa dos Patos constitui-se em uma das maiores restingas brasileiras. Conformando o segmento mediano da planície costeira do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas de 30° 20' e 32° 10' de Latitude Sul e 53° 53' e 53° 05' de Longitude Oeste de Greenwich, encontra-se incluída nas micro – regiões homogêneas 027 (Osório) e 035 (Litoral Lagunar), compreendendo os municípios de São José do Norte, Tavares e Mostardas, na costa oriental da Lagoa dos Patos.

A importância ecológica desse ecossistema não se restringe à impressionante abundância de aves da praia, mas também reside no fato de apresentar um mosaico ambiental complexo, frágil (como as restingas de modo geral), diversificado e ainda pouco conhecido. Não obstante as grandes extensões de cultivos de pinos e arroz ali existentes (Tagliani *et al.*, 2000), muitos ambientes ainda apresentam um elevado grau de conservação, conferindo à região um notável valor paisagístico, científico e cultural. Por tais características, é justificável conferir a esta região o *status* de um ecossistema – relíquia, do tipo restinga costeira de clima subtropical.

As zonas costeiras, incluindo as enseadas estuarinas, marismas, manguezais, pradarias submarinas e corais, devem possuir um plano de manejo específico para que continuem sendo usadas sem o esgotamento dos seus recursos. Segundo Tagliani (1995), um gerenciamento integrado dos recursos naturais costeiros (ar, água, solo, etc.), paisagísticos (valores cênicos), sócio-culturais (lazer, turismo), genéticos (manutenção do germoplasma) e científicos (oportunidades de pesquisas ecológicas, arqueológicas, etc) deve visar uma utilização sustentável no atendimento das demandas sociais, regionais, nacionais e globais.

Cientistas e políticos do mundo todo estão reconhecendo cada vez mais que o desenvolvimento global deve estar baseado num balanço entre a importância social, o desenvolvimento e as questões econômicas ligadas às ambientais. É nesse contexto que as energias renováveis são vistas como um fator chave na mitigação dos efeitos provocados pela mudança global do clima no futuro, contribuindo também para a manutenção dos estoques dos recursos naturais ainda existentes.

Entre várias fontes de energia renovável, a energia eólica em particular tem ativado uma modernização no mercado de energias e tem experimentado um ótimo crescimento mundial desde os últimos anos.

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) da restinga da Lagoa dos Patos, Litoral Médio-Leste da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, visando à identificação ambiental dos seus ecossistemas e análise do estabelecimento de áreas apropriadas à instalação de aerogeradores nessas regiões.

MATERIAIS E MÉTODOS

Ferramentas e técnicas foram aplicadas para o desenvolvimento de um SIG Eólico na Restinga da Lagoa dos Patos, compreendendo uma área de estudo um segmento da Planície Costeira (Litoral Médio-Leste) do Rio Grande do Sul entre as coordenadas 30°20' e 32°10' de latitude Sul e 50°53' e 52°05' de longitude Oeste de Greenwich, incluindo os municípios de São José do Norte, Mostardas e Tavares (Figura 1).

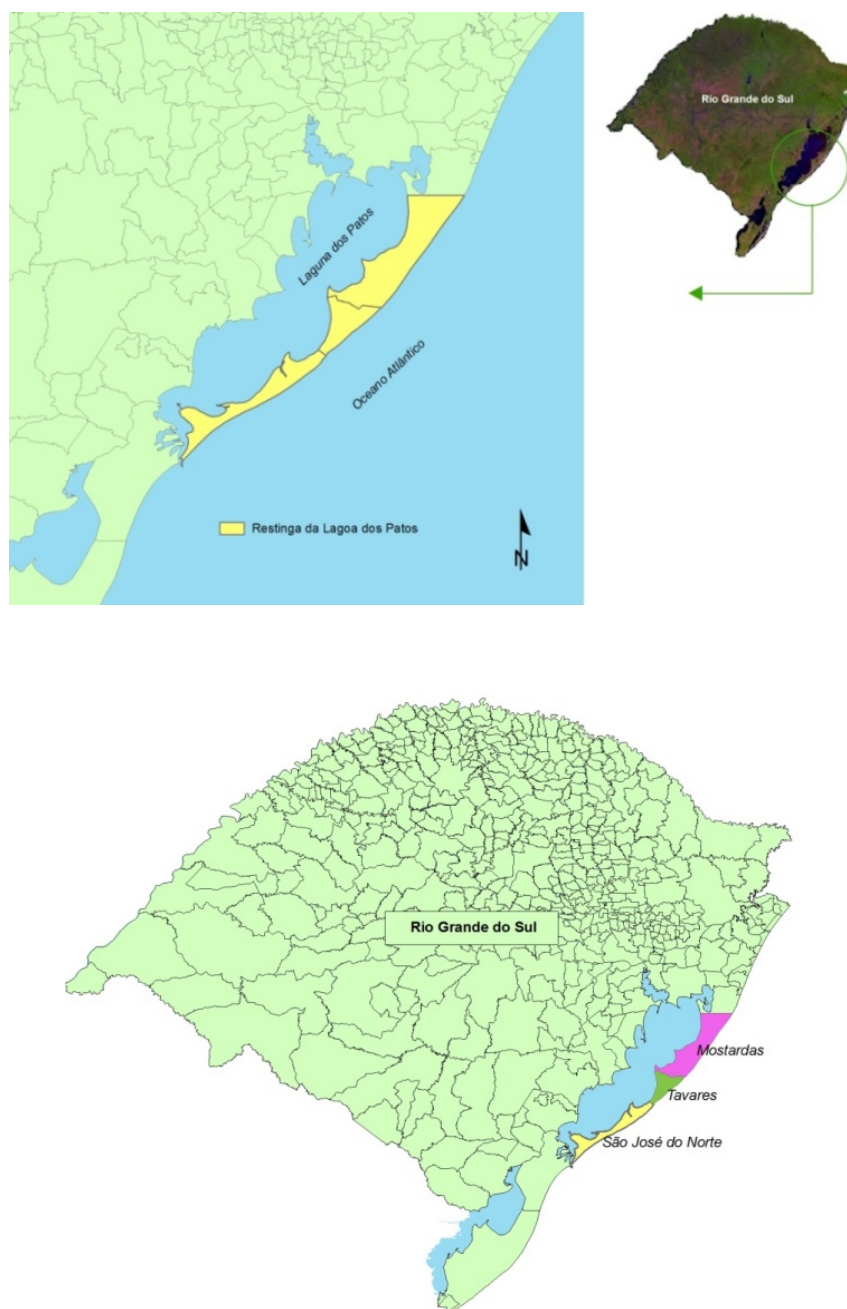


Figura 1: Localização da Restinga da Lagoa dos Patos e municípios Mostardas, Tavares e São José do Norte.

Para o desenvolvimento do trabalho procurou-se sistematizar os fluxos da informação ambiental em quatro fases: coleta dos dados, armazenagem dos dados, manejo dos bancos de dados e análise dos dados. Para a manipulação das informações foram selecionados diferentes tipos de aplicativos, entre eles, Autocad 2007, Surfer 7.0, ArcGis 9.1, CartaLinx, Adobe Photoshop 7.0.1, Microsoft Office 2000, os quais foram utilizados de acordo com cada necessidade. O fluxograma da metodologia está representado pela Figura 2.

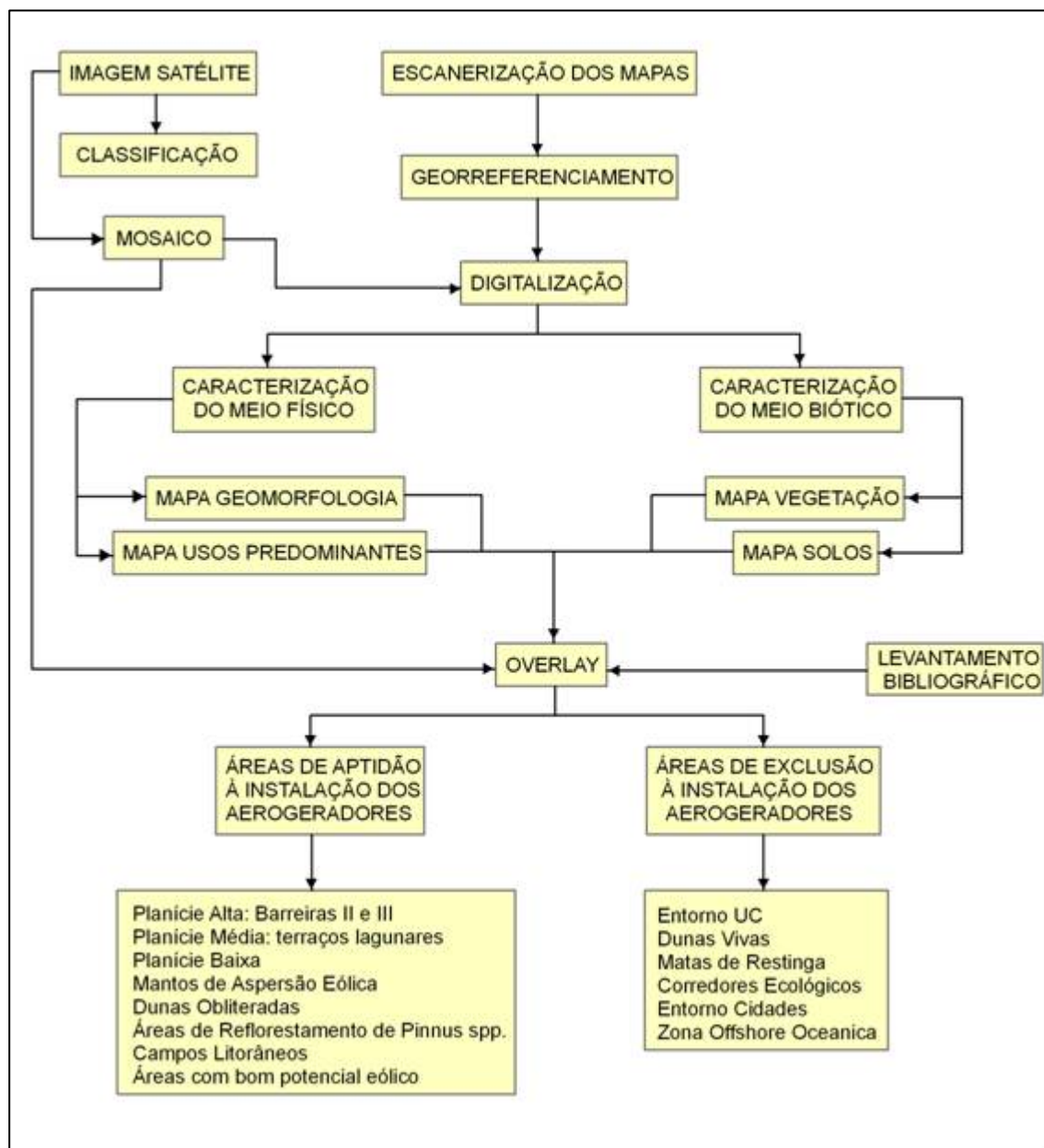


Figura 2: Fluxograma da metodologia.

Para elaboração do SIG foram digitalizados mapas da Planície Costeira do Sul do estado do Rio Grande do Sul, processadas no Laboratório de Gerenciamento Costeiro (LABGERCO/FURG). Os mapas de unidades naturais, disponíveis no formato analógico, foram escanerizados e importados para o Sistema de Informações Geográficas na interface ArcView 9.1. Posteriormente os arquivos foram georreferenciados a partir do levantamento de coordenadas cartesianas para o valor correspondente em UTM (Universal Transversa de Mercator). Embora já no formato raster e georreferenciadas, os valores encontrados ao longo das imagens correspondem à variação de tons detectada pelo scanner e não as camadas (*layers*) de informações. Assim, os limites de tais camadas foram digitalizados na forma de linhas (arquivos vetoriais) e editados no programa Cartalinx (para eventuais correções de contorno, fechamento e identificação de polígonos). Os dados são poligonizados e são novamente rasterizados, sendo que agora com seus identificadores (ID) correspondem a uma camada de informação específica. Os dados não disponíveis em mapas analógicos, a exemplo da vegetação, foram obtidos através da classificação supervisionada de imagens Landsat TM. Além disso, alguns dados disponíveis na forma digital também foram utilizados, como aqueles adquiridos através do trabalho de Tagliani (1995). Todas essas informações em conjunto, ou seja, por dados analógicos, digitais e classificação de imagens multiespectrais, deram origem aos seguintes mapas/camadas de informação:



1. Caracterização do Meio Físico:

- a) Geomorfologia: dunas (vivas e obliteradas), barreiras (1 e 3), mantos de aspersão eólica, campos litorâneos, terraços (2, 3, 4, 5), lagoas.
- b) Usos Predominantes: cebolicultura, reflorestamentos, pecuária extensiva, policultura em pequena propriedade (agricultura intensiva e pecuária semi-intensiva) e áreas sem uso.

2. Caracterização do Meio Biológico:

- a) Vegetação: vegetação de dunas vivas, dunas obliteradas, campos litorâneos, agricultura em larga escala, matas naturais, marismas e banhados.
- b) Solos: areias quartzosas hidromórficas, planossolos (solonetz salinos), areias podzóico, gley humico, areias quartzosas.

As imagens de satélite Landsat, depois de georreferenciadas, passaram por um processo de concatenização ou mosaicagem, resultando em uma imagem única de toda a restinga (litoral médio leste).

Assim, foram definidos os critérios de seleção das áreas com características próprias para a implantação dos aerogeradores na restinga da Lagoa dos Patos, Litoral Médio-Leste, Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Estes critérios foram escolhidos com base no levantamento bibliográfico, no conhecimento dos requerimentos da implantação de projetos de energia eólica e no conjunto de características físicas dos ambientes que favorecem a implantação dos sítios eólicos. Foram subdivididos em dois:

3. Áreas de aptidão à instalação dos aerogeradores:

- a) Planície Alta: Barreiras II e III
- b) Planície Média: terraços lagunares T2, T3, T4, T5
- c) Planície Baixa: T4
- d) Mantos de Aspersão Eólica
- e) Dunas Obliteradas
- f) Áreas de Reflorestamento de *Pinnus* spp.
- g) Campos Litorâneos
- h) Áreas com bom Potencial Eólico

4. Áreas de exclusão à instalação dos aerogeradores:

- a) Entorno do Parque Nacional da Lagoa do Peixe (buffer de 10 km)
- b) Dunas Vivas
- c) Matas de Restinga
- d) Corredores Ecológicos
- e) Áreas próximas as Cidades (buffer de 1 km)
- f) Zona Offshore Oceânica

Na sobreposição dos mapas também foram consideradas as Unidades de Conservação como sendo regiões inadequadas às instalações dos aerogeradores em função de sua preservação: Parque Nacional da Lagoa do Peixe e Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

Os *buffers* são as zonas-tampão geradas por operadores de distância no entorno de áreas pré-determinadas como uma Unidade de Conservação que deve possuir um raio de 10 km sem qualquer tipo de empreendimento (decretado por lei) e como as cidades, com um *buffer* de 1 km determinado em função da área de urbanização.

A base cartográfica e os mapas temáticos foram digitalizados no ambiente SIG, enquanto os dados alfanuméricos foram digitados na forma de tabelas de atributos. As informações referentes aos municípios foram retiradas de bibliografias e do censo - 2000 realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Após esta etapa, as feições cartográficas dos planos de informação representam as características temáticas descritas pelos dados alfanuméricos.

A base cartográfica do mapa eólico na escala regional (1:50.000), foi obtida a partir da digitalização das cartas topográficas do SMEC (Secretaria de Minas, Energia e Comunicação), originalmente na escala 1:250.000. O Atlas Eólico do Rio Grande do Sul desenvolvido pela Secretaria de Minas, Energia e Comunicação (Camargo, 2002), tem como base os seguintes procedimentos:



- a) Registros anemométricos: medidos em 21 torres altas durante 12 meses e foram validados por comparações climatológicas e filtragem de efeitos locais de topografia e rugosidade.
- b) Interpolação dos regimes de vento: por modelamento de mesoescala MesoMap (True Wind Solutions, LLC).
- c) Cálculo final: resolução de 1Km x 1Km utilizando o software WindMap.

Os elementos selecionados a partir dos critérios considerados foram armazenados em formato digital, e posteriormente serviram para integrar o conjunto de parâmetros através do SIG.

RESULTADOS

O manejo integrado da geoinformação e o uso do sensoriamento remoto são temas básicos aos estudos ambientais e diversas obras encontram-se a disposição nas bibliotecas públicas das Universidades e Instituto de Pesquisa e em livrarias. Por um lado, o sensoriamento remoto permite a aquisição de dados, sendo a principal fonte de informações a respeito dos fenômenos ambientais, e por outro, o SIG possibilita sua associação com informações de outra natureza, criando um ambiente computacional favorável à análise. A análise por sua vez, é fundamental para o bom planejamento, pois permite que sejam elaborados modelos conceituais que expressam as relações espaciais esperadas em um determinado local.

O manejo da informação geográfica no presente estudo considerou os aspectos metodológicos e as potencialidades de aplicação, e este procedimento possibilitou uma identificação das localidades, com um inventário fisio-geográfico das áreas com viabilidade para o desenvolvimento e instalação dos aerogeradores na restinga da Lagoa dos Patos, Litoral Médio-Leste da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

Com relação às Unidades de Conservação, o Parque Nacional da Lagoa do Peixe é uma área de substancial importância internacional para grupos de aves migratórias e residentes atraindo-as por dois motivos, primeiro por ser uma lagoa rasa e usada para o descanso noturno desses animais, aparentemente oferecendo proteção contra predadores; e segundo, por possuir uma grande população de invertebrados, especialmente moluscos, crustáceos e pequenos peixes, oferecendo grande recurso alimentar às aves (Harrington *et al.*, 1986).

Toda a extensão do Parque foi considerada como área de exclusão à instalação dos aerogeradores e ainda, de acordo com a resolução do CONAMA N° 013 de 06 de dezembro de 1990, fez-se uma zona tampão (*buffer*) no entorno do Parque, num raio de 10 km, preservando a área utilizada pelas espécies locais e migratórias.

A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica é um modelo adotado internacionalmente de gestão integrada, participativa e sustentável dos recursos naturais, com os objetivos básicos de preservação da diversidade biológica, o desenvolvimento de atividade de pesquisa, o monitoramento ambiental, o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida das populações. Essa Unidade de Conservação é constituída por uma ou várias áreas-núcleo, destinadas à proteção integral da natureza; uma ou várias zonas de amortecimento, onde só são admitidas atividades que não resultem em dano para as áreas-núcleo; e uma ou várias zonas de transição, sem limites rígidos, onde o processo de ocupação e o manejo dos recursos naturais são planejados e conduzidos de modo participativo e em bases sustentáveis. Os locais pertencentes à Reserva da Biosfera da Mata Atlântica na restinga da Lagoa dos Patos (dunas vivas, banhados e lagoas) também foram excluídos das áreas potenciais à implantação dos aerogeradores.

Os corredores ecológicos são caminhos que permitem aos animais movimentarem-se entre diferentes áreas mais facilmente. Constituem conexões compostas por florestas, savanas, áreas de restinga e até mesmo por rios e estradas, as quais criam uma trilha entre duas áreas por onde os animais podem mover-se de uma para outra. Se espécies de uma área se tornarem extintas, os corredores ecológicos auxiliam a movimentação de novos indivíduos entre essa e outra região habitada. Como eventos casuais podem causar a extinção de espécies, os corredores são importantes à manutenção da diversidade das mesmas, a qual é muito dependente da habilidade dos indivíduos de recolonizar habitats depois da extinção. Os corredores aumentam as chances de colonização e facilitam o câmbio genético entre pequenas populações (Harker *et al.*, 1993). Operam como as cinco maiores funções na ecologia das paisagens: habitat, condução, filtro, fonte e estoque (Forman, 1995).

Banhados e lagoas constituem sistemas com grande potencial à diversidade de espécies. O papel do banhado na natureza é o de garantir a sobrevivência do seu ecossistema vizinho, normalmente as lagoas. Quando há uma seca, o banhado fornece água para as lagoas e, quando há cheia, retém. Faz o papel de uma esponja.



Como os banhados são muito ricos em matéria-orgânica, em decorrência da decomposição de juncos e gramíneas, também têm uma vida extremamente rica. As lagoas, além de seu inerente valor natural, formam uma grande rede de comunicação. Dentro da classificação de corredores ecológicos, estes ecossistemas constituem um tipo de rede conhecido como *stepping stones* que, depois das redes de corredores verdes, seriam a melhor “alternativa” para a manutenção da conectividade dentro do sistema (Silva, 2002). Levando-se em consideração sua importância no deslocamento da fauna, principalmente as aves, ao longo da área, os corredores ecológicos identificados foram classificados como zonas inviáveis à instalação dos aerogeradores.

Os aerogeradores podem ser implantados em solo firme (*onshore*), onde descartam-se as áreas abrangidas pelas principais lagoas, represas, açudes, rios e mar; e sobre a água (*offshore*), instalados no mar, uma vez que a velocidade do vento e a área de exploração disponível são maiores, sendo que sua instalação é apenas limitada por razões de ordem prática tais como a profundidade (até 30 metros é suportável) e as atividades marítimas (pesca, rotas marítimas) (Taborda & Marques, 2002).

Analisando-se a região *offshore* oceânica da restinga da Lagoa dos Patos concluiu-se que, devido a grande abundância de aves nessa região e sua utilização ao longo de toda a Planície Costeira do Litoral Médio-Leste por esses animais, define-se como uma área de exclusão à instalação dos aerogeradores. Mesmo utilizando-se uma zona tampão (*buffer*) com grande distância da costa (mais de 2 km) percebe-se um possível impacto sobre as aves marinhas, dando ênfase a espécies em extinção que sobrevoam por essa região (Bugoni, comunicação pessoal).

Do total de espécies presentes na região do estuário da Lagoa dos Patos, 56 são consideradas migratórias provenientes do Norte (tanto do Norte da América do Sul quanto dos Estados Unidos e Canadá), e migrantes do Sul originadas do Sul da Argentina. As aves não Passeriformes são responsáveis pelo maior número de espécies registradas, com predomínio de espécies dependentes de ambientes úmidos. Dentre estas espécies há elementos marinhos, como as gaivotas e os trinta-réis; costeiros, como os maçaricos (*Calidris* spp.) e batuáras; de banhados do interior, como garças e marrecas; e habitantes de marismas, como a Boininha (*Spartonioica maluroides*) e a Sanã-cinza (*Porzana spiloptera*) (Estudo ambiental para obtenção do licenciamento prévio do Parque Eólico Piloto de Rio Grande, Tagliani, 2002).

Apesar da inexistência de informações técnicas sobre o assunto, em outros locais onde a energia eólica é explorada, pode-se supor que grandes áreas cobertas com cata-ventos, formando “campos de cata-ventos”, impedem o acesso das aves ao ambiente e dificultam a passagem desses animais pela área, em particular daquelas espécies que voam a baixa altitude (Bugoni & Ferreira, 2002).

Com a sobreposição dos mapas citados, obteve-se um resultado satisfatório apresentando uma área bastante abrangente onde podem ser instalados os parques eólicos (Figura 3). A restinga ao longo da Lagoa dos Patos é uma área bastante plana, com vegetação predominante de restinga e baixa atividade agrícola, possui uma extensa região de areia e dunas ao longo da costa com ventos médios anuais de 7.0m/s a 8.0m/s (Atlas Eólico – SMEC, 2002). Região considerada promissora para a implantação de usinas eólicas de grande porte. Assim, toda a área foi considerada como possuindo boa aptidão à instalação dos aerogeradores em relação ao potencial do vento. Caracteriza-se pela conformação geomorfológica de planície alta, média e baixa, com a formação de dunas obliteradas e mantos de aspersão eólica, além de possuir áreas de reflorestamento de *Pinus* spp. e campos litorâneos.

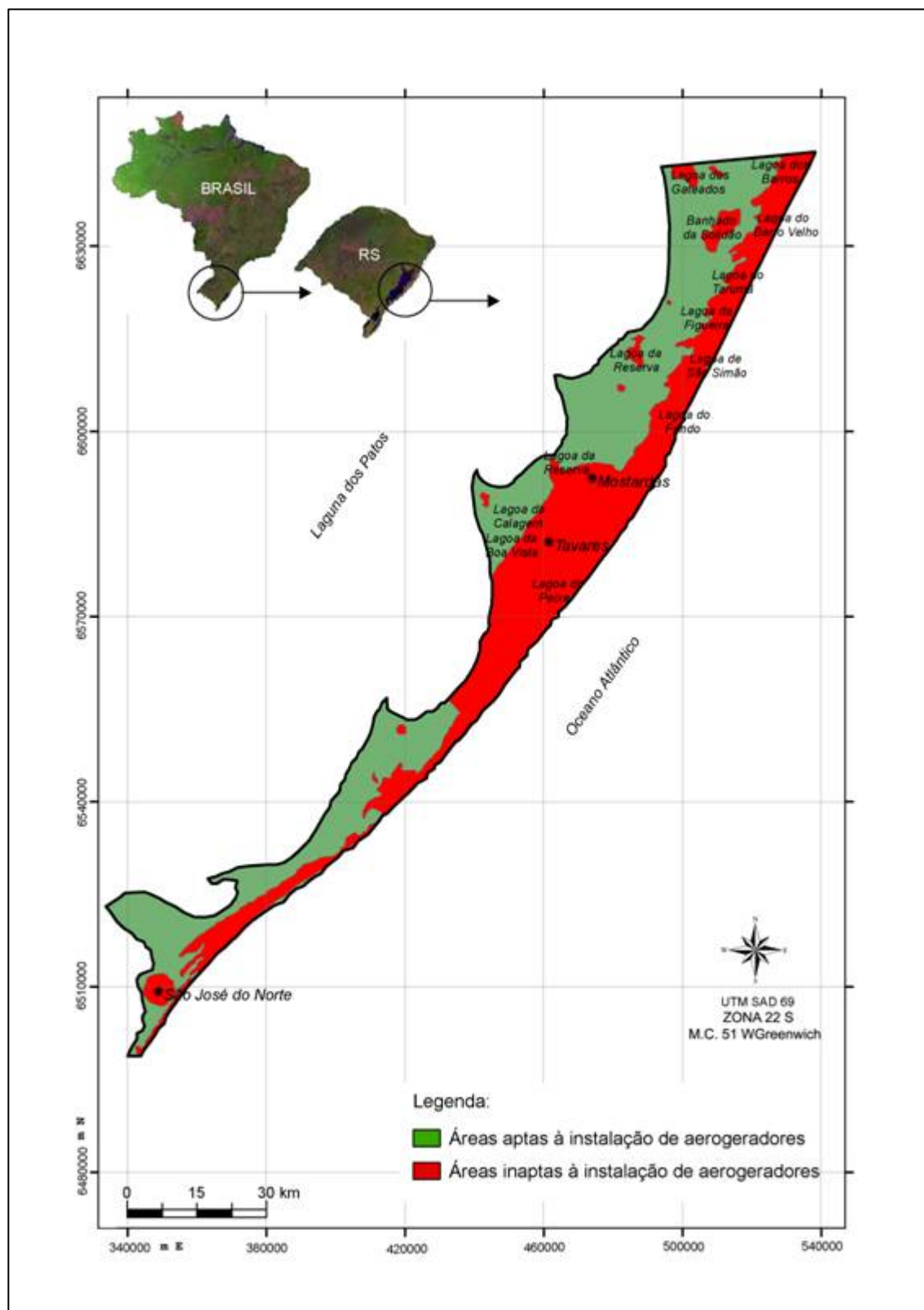


Figura 3: Áreas aptas e inaptas à instalação de aerogeradores na restinga da Lagoa dos Patos, Planície Costeira do Rio Grande do Sul.



Segundo Tagliani (1995), a planície alta da restinga da Lagoa dos Patos é constituída pelas Barreiras II e III (terrenos quaternários do Pleistoceno), correspondendo a 559,2 km², ou 15,9% da área e 44,8km², ou 1,1% da área, respectivamente. As dunas obliteradas, ou vastos conjuntos de dunas parabólicas bem formadas que podem encontrar-se recobertas e fixadas ou não por vegetação, possuem uma extensão de 865 km², perfazendo 22,1% do ecossistema da restinga, constituindo extensos depósitos arenosos sobre a Barreira II. Segundo este mesmo autor, os mantos de aspersão eólica, constitui-se de superfícies que sofreram desagregação e transporte eólico sobre a Barreira III. São construções eólicas que podem aparecer sem relevo nem organização, com 94,1km² de extensão, ocupando 2,4% da área da restinga. Ainda baseando-se na obra de Tagliani (1995), a planície média é composta pelos Terraços lagunares, formados de sedimentos de fundo de lagos depositados. A restinga da Lagoa dos Patos distingue-se por quatro níveis de terraços lagunares: T2, T3, T4, T5. Juntos, estes terraços integram 15% da restinga. Já a planície baixa é formada pelos terraços lagunares 4, representando 2% da área.

O estudo também aponta para áreas de reflorestamento de *Pinus* spp. que entende-se como uma “área verde morta”, onde há pouca biodiversidade, seja de fauna ou outro tipo de flora. Nestas florestas torna-se possível à instalação dos aerogeradores à medida que as árvores possuem, no máximo, aproximadamente 30 metros de altura e as turbinas em questão são de 100 metros de altura. Segundo Almeida (comunicação pessoal) uma instalação de aerogeradores no meio de uma área florestada com *Pinus* sp. pode perder um pouco do potencial do vento se comparado com uma zona sem florestamento, mas ainda assim, a energia produzida é significativamente aproveitável.

O potencial eólico incidente sobre toda a planície costeira do Rio Grande do Sul provavelmente é suficiente para ajudar a suprir a demanda energética para o bem-estar e o desenvolvimento econômico de muitas gerações. O aproveitamento dos recursos eólicos nas melhores áreas identificadas proporcionaria um reforço à rede elétrica.

O gradiente de pressão atmosférica entre a depressão do nordeste da Argentina e o anticiclone subtropical Atlântico induz um escoamento persistente de leste-nordeste ao longo de toda a região sul do Brasil. Desse escoamento resultam velocidades médias anuais de 5,5m/s a 6,5m/s sobre grandes áreas da região. Entretanto, esse perfil geral de circulação atmosférica encontra variações significativas na mesoescala e na microescala, por diferenças em propriedades de superfície, tais como geometria e altitude do terreno, vegetação e distribuição de superfícies de terra e água. Assim, ventos superiores a 7m/s poderão ser encontrados nas elevações mais favoráveis do continente, sempre associados à baixa rugosidade, como ao longo do extenso litoral que se estende a partir de Imbé até o extremo sul do Estado, onde os ventos predominantes de leste-nordeste são acentuados pela ação diurna das brisas marinhas, ao longo dos meses de primavera, verão e início de outono.

Em termos de impactos ao meio ambiente, a geração de eletricidade pelas turbinas de energia eólica não envolve a liberação de CO₂, chuva ácida, fumaça ou poluentes radioativos. Além disso, a produção local de energia eólica elimina riscos de acidentes durante o transporte de material radioativo e combustíveis fósseis. Com respeito ao efeito estufa e CO₂, a energia eólica produz em média 8gCO₂/kWh de eletricidade, a qual é consideravelmente menor que as energias geradas por carvão, óleo e gás natural. Outra grande vantagem ambiental da energia eólica é que reduz a necessidade de construção de hidrelétricas, que possuem grande potencial de impacto ao meio ambiente.

O desenvolvimento da energia eólica também causa outros impactos ao meio ambiente, incluindo ruído, interferência eletromagnética, impacto visual e tremulação causada pela luz solar que interage com a rotação das pás em dias de sol. Além desses, ainda existe um grande impacto que atinge as comunidades de aves, causando, em alguns casos, uma grande mortalidade desses animais.

Levando-se em consideração os possíveis impactos às comunidades dos municípios localizados na área de estudo, criou-se uma zona tampão de 1 km no entorno dessas cidades, tornando o possível empreendimento afastado em relação à civilização, mas ao mesmo tempo acessível, facilitando o transporte do material e retorno da energia gerada.

Com os avanços tecnológicos ao longo dos anos, o barulho está sendo moderado com modernas turbinas que estão cuidadosamente instaladas. Quanto às aves, recomendações técnicas são capazes de reduzir os possíveis impactos decorrentes da implantação do sistema de geração de energia eólica, como, por exemplo, sugere-se que a instalação ocorra nos locais fora das rotas de passagem das aves; deve-se implantar sinalizadores de



proteção de vôo para as aves na estrutura dos geradores, rede elétrica e cabos de sustentação; restringir sistemas de iluminação de larga escala (exceto as lâmpadas de segurança de vôo e navegação), a fim de evitar que esta estrutura provoque a atração e desorientação das aves aumentando a mortalidade por colisões (Bugoni & Ferreira, 2002). À medida que a tecnologia propicia diâmetros maiores para os rotores, a rotação se reduz. Os diâmetros no mercado atual variam entre 40m e 100m, resultando em rotações de ordem 30rpm e 16rpm, respectivamente. As baixas rotações das turbinas maiores tornam as pás visíveis e evitáveis por aves em vôo.

O PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas), instituído pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002 e revisado pela Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003, tem como objetivo a diversificação da matriz energética brasileira e a busca por soluções de cunho regional com a utilização de fontes renováveis de energia, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis, a partir do aumento da participação da energia elétrica produzida com base naquelas fontes, no Sistema Elétrico Interligado Nacional - SIN.

CONCLUSÃO

As informações processadas sobre a instalação de aerogeradores na restinga da Lagoa dos Patos, Litoral Médio-Leste da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, podem ser disponibilizadas em forma de relatórios, gráficos, tabelas e mapas, gerando assim subsídios técnicos principalmente para os tomadores de decisão, investigadores e investidores nessa atividade.

Os produtos das análises foram mapeados, tornando o sistema de informação geográfica uma tecnologia altamente visual, o qual deve ser utilizado considerando as limitações técnicas à implantação dos aerogeradores, procurando-se discernir as maneiras mais adequadas para superá-las. Apresenta-se como uma ferramenta à preservação ambiental dessa zona costeira que, de forma geral, deve possuir um plano de manejo específico para que continue sendo utilizada sem o esgotamento de seus recursos. Um gerenciamento integrado dos recursos naturais costeiros (ar, água, solo, etc), paisagísticos (valores cênicos), sócio-culturais (lazer, turismo), genéticos (manutenção do germoplasma) e científicos (oportunidades de pesquisas ecológicas, arqueológicas, etc.) deve visar uma utilização sustentável das demandas sociais, regionais, nacionais e globais.

Com relação aos impactos ecológicos causados pela exploração nas zonas costeiras, a utilização de energia implica em impactos ambientais, desde a fase de implantação do sistema, transmissão de energia e a sua utilização pelos consumidores humanos. Estas atividades trazem dificuldades ao sistema natural de assimilar esses impactos, comprometendo sistemas como ar, água, terra e os ecossistemas.

O potencial eólico brasileiro, pela qualidade e distribuição dos ventos, vem estimulando iniciativas para o desenvolvimento tecnológico, industrial e de projetos de parques eólicos em diferentes regiões do país. Energia eólica em áreas costeiras é muito melhor que em áreas do interior. Na análise da restinga da Lagoa dos Patos, as áreas aptas à implantação desses aerogeradores são as apresentadas em formato digital (Figura 2), compostas por uma região de planícies altas, médias e baixas, compostas por dunas obliteradas mantos de aspersão eólica, campos litorâneos, áreas de reflorestamentos e áreas sem uso, correspondendo a um grande potencial eólico identificado nessa região e à baixa rugosidade do terreno, o que permite uma maior incidência dos ventos que sopram no continente.

Os locais ideais tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico para o assentamento de parques eólicos seriam aqueles que reúnem as condições de: a) maior proximidade com a fonte de consumo e energia a ser gerada, reduzindo assim as chances de colisões de aves com as linhas de transmissão, impactos ambientais e gastos associados à instalação de torres de alta tensão; b) menor abundância e biodiversidade de fauna, particularmente de aves; c) menor incidência visual, de modo a evitar controvérsias sobre questões estéticas e, d) distância suficiente de comunidades locais, de modo a evitar impactos com o nível de ruído e sombreamento.

A modernização técnica da energia eólica tem permitido muitos países ativar a exploração desse desenvolvimento de fonte de energia limpa. As principais vantagens desse tipo de empreendimento incluem: energia eólica é um recurso gratuito; a produção e o uso dessa energia não poluem a atmosfera; não causa chuva ácida e não contribui para o efeito-estufa que aumenta a temperatura global; contribui significativamente ao sistema elétrico da região.



Deve-se salientar que qualquer empreendimento como os Parques Eólicos a serem implantados são dependentes de avaliação das áreas por técnicos responsáveis para a elaboração do projeto e principalmente, pelas instituições ambientais, para o seu enquadramento técnico e legal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACKERMANN, T. & SÖDER, L., 2000. Wind Energy Technology and Current Status: A Review. Tecknikringen 33, S-10.044, Stockholm, Sweden. Elsevier Science Ltd.
2. ALFAIA, J.S., 1996. Caracterização Ambiental dos Cordões Litorâneos de Rio Grande, RS, como Subsídio ao Manejo Integrado dos Ecossistemas Costeiros. Monografia FURG, Rio Grande.
3. BAKER, L.T., 2000. A field guide to aerican windmills. USA: University of Oklahoma Press. Norman, Oklahoma.
4. BARBOSA, T.G., 1999. Análise do Uso da Avaliação Contingente para a Valoração Ambiental no Processo de Gerenciamento Costeiro: um Estudo da Praia do Cassino/RS – Brasil. Monografia FURG, Rio Grande.
5. BRAGA, M.S., 1997. Análise da Variabilidade do vento em Rio Grande – RS, no Período de 1992 a 1995. Monografia FURG, Rio Grande.
6. BURROUGH, P.A., 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon, Oxford. See Chapter 8.
7. CALKINS, H.W. & TOMLINSON, R.F., 1977. Geographic Information Systems: Methods and Equipment for Land Use Planning. Ottawa, International Geographical Union, Commission of Geographical Data Sensing and Processing and U.S. Geological Survey.
8. CHRISTOFOLETTI, A., 1999. Modelagem de Sistemas Ambientais. 1a ed. 205 – 214. Edgard Blücher, São Paulo.
9. CLARCK, J.R., 1996. Coastal Zone Management Handbook Boca Raton boston London New York Washington, D.C. Lewis Publishers. P. 01 – 03.
10. HARKER, D. ; EVANS, S.; EVANS, M.; HARKER, K., 1993. Landscape Restoration – Handbook. New Yourk Audubon Society, lewis Publishers.
11. IN: TAGLIANI, P.R.A., 2002. Relatório Técnico: Projeto de Implantação do Parque Eólico Piloto de Rio Grande. FURG (Petrobrás/FEPAM).
12. MACIEL, N.C., 1990. Fauna da Restinga: Avanços nos Conhecimentos. FEEMA. 2º Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. Vol 3, 249 – 257. Águas de Lindóia, SP.
13. MACIEL, N.C., 1990. Praias, Dunas e Restingas: Unidades de Conservação da Natureza do Brasil. FEEMA. 2º Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. Vol 3, 326 – 251. Águas de Lindóia, SP.
14. MORENO, J.A., 1961. Clima do Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura. 42p, Porto Alegre.
15. PAINHO, M. & SILVA, R., 1997. GIS as na Educational Tool: a Portuguese Project. Third joint European Conference & Exhibition on Geographical Information, Vienna, Austria.
16. SILVA, T. S., 2002. Bases técnicas para o ordenamento territorial na costa oeste da Lagoa dos Patos, Planície costeira do Rio Grande do Sul. Tese de Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, FURG.
17. SUGUIO, K. & MARTIN, L., 1990. Geomorfologia das Restingas. 2º Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. vol 3, 185 – 206. Águas de Lindóia, SP.
18. TABORDA, D.; MARQUES, N., 2002. Constituição de um Parque Eólico e sua ligação à Rede. Universidade de Coimbra Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores.
19. TAGLIANI, P.R.A., 1995. Estratégia de Planificação Ambiental para o Sistema Ecológico da Restinga da Lagoa dos Patos – Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado UFSCAR, São Carlos.
20. VILLWOCK, L., 1984. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A Sinthesis. Pesquisas. 16: 05 – 49. Porto Alegre.