

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS - DOUTORADO**

**SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) ESTRATÉGICO DO POTENCIAL
ENERGÉTICO RENOVÁVEL DA PLANÍCIE COSTEIRA NORTE DO RS**

FLÁVIA C. FARINA

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Norberto Ayup-Zouain

Porto Alegre, junho de 2009.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS - DOUTORADO**

**SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) ESTRATÉGICO DO POTENCIAL
ENERGÉTICO RENOVÁVEL DA PLANÍCIE COSTEIRA NORTE DO RS**

FLÁVIA C. FARINA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ricardo Norberto Ayup-Zouain

**BANCA EXAMINADORA: Prof. Dr. Elírio Ernestino Toldo Jr.
Prof. Dr. Tânia Marques Strohaecker
Prof. Dr. Carlos Hartmann**

**Tese de Doutorado apresentada como
requisito parcial para obtenção do título
de Doutor em Geociências.**

Porto Alegre, 2009.

Farina, Flávia Cristiane

Sistema de informação geográfica (SIG) estratégico do potencial energético renovável da Planície Costeira Norte do RS. / Flávia Cristiane Farina. - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2009.

[148] f. : il.

Tese (Doutorado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2009.

Orientação: Prof. Dr. Ricardo Norberto Ayup-Zouain

1. Geologia Costeira. 2. Gerenciamento Costeiro. 3. Fontes Renováveis de Energia. 4. Sistemas de Informação Geográfica. 5. Sustentabilidade. I. Título.

Catálogo na Publicação

Biblioteca Geociências - UFRGS

Renata Cristina Grun CRB 10/1113

AGRADECIMENTOS

Especialmente, ao meu orientador, Prof. Dr Ricardo Norberto Ayup Zouain, pela sua competência e dedicação, no processo de orientação deste trabalho. Admiro-o pela notável capacidade de inovação e diversificação em suas produções.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geociências, pela oportunidade concedida, e aos seus professores, pela valiosa contribuição à minha formação acadêmica.

Aos demais professores, que me conduziram ao caminho do estudo. Entre eles, o Prof. Dr. Carlos Hartmann, que acompanha minha produção desde a orientação em pesquisas durante a graduação.

À FEPAM, pela disponibilização dos dados cartográficos e de satélite, essenciais para a realização da proposta de trabalho.

Ao Me. João Manuel Trindade, Geógrafo da SEMA, pela presteza em auxiliar na obtenção e organização dos dados.

Ao Geógrafo Daniel Duarte das Neves, por compartilhar seus conhecimentos técnicos e por sua disponibilidade, em auxiliar nas minhas dificuldades com o *software* Arc Gis 9.2.

Ao Prof. Dr. César Wilhelm Massen Prieb, pesquisador do Laboratório de Radiação Solar da UFRGS, pela agilidade em responder aos questionamentos e auxílio na obtenção dos *softwares* desenvolvidos no Laboratório.

À bolsista de iniciação científica, Michele Bremm Machado, pelo trabalho de levantamento e organização de dados estatísticos, que representou uma contribuição, através de informações relevantes.

Ao Centro Universitário La Salle, pela valorização do meu trabalho acadêmico e pela compreensão nos momentos de afastamento para atividades das disciplinas cursadas.

À Silvana Lehn, colega de trabalho e amiga, pela compreensão nas situações de ausência nas atividades acadêmicas.

À Ioná, amiga de toda vida, por sempre manifestar mensagens de incentivo e amizade.

Ao amigo Edson Prestes, pelos conselhos sempre úteis.

À todos os amigos com os quais compartilhei as alegrias e as angústias vivenciadas.

Ao meu marido Fernando, pelo constante apoio e compreensão, reduzindo o caminho para a conclusão do trabalho.

Agradecimento especial aos meus pais, os primeiros a mostrarem o caminho do estudo e da constante busca pela realização, e aos meus irmãos, Fábio e Eduardo, pelos breves momentos juntos, no período de realização do estudo, que foram estímulos durante o trabalho.

RESUMO

Atualmente, há uma tendência mundial alinhada a aprofundar os estudos sobre fontes inovadoras de energia. Essa é uma necessidade premente na atualidade, embora se possa considerá-la retardatária diante da percepção do problema da poluição pelo uso de combustíveis fósseis (petróleo e carvão) e o conseqüente impacto ambiental. O desequilíbrio do sistema terrestre traz como resultado a alteração dos ecossistemas individualmente. A compreensão de todos os ecossistemas tornou-se um tema de alta relevância e complexidade, pois, ao tempo que se defronta com uma estrutura produtiva instalada e de grandes investimentos, também condiciona, pelo seu poder de alteração ambiental, como ameaça ao equilíbrio da biodiversidade das espécies terrestres. A realização de pesquisas que abordam sobre novas fontes de energia e sua praticidade é uma ação que visa ao desenvolvimento sustentável. O aproveitamento do potencial dos recursos naturais renováveis, sejam de natureza física da própria condição natural do planeta, e/ou por meio de novas formas produtivas e aproveitamento energético, são, no momento, imposições diante das alterações ambientais. Por tal motivo, o objetivo principal dessa pesquisa é estudar a potencialidade de fontes de energias renováveis, na Planície Costeira Norte do Rio Grande do Sul (PCNRS), gerando valor agregado às atividades com vocação regional e colaborando para a diminuição do impacto ambiental. O resultado obtido é a elaboração de um produto de Sistemas de Informação Geográfica, representativo do potencial energético da planície costeira.

Palavras-chave: gerenciamento costeiro, fontes renováveis de energia, Sistemas de Informação Geográfica, sustentabilidade.

ABSTRACT

Nowadays, there is a worldwide tendency to deepen the studies about innovative sources of energy. Although this is an urgent need now, we can consider it late in view of the perception of the pollution caused by the use of fossil fuels (petrol and coal) and the consequent environmental impact. The imbalance of the terrestrial system results in the ecosystem alteration individually. The comprehension of all the ecosystems became an extremely relevant and complex subject, because at the same time it faces an installed productive structure of great investments, it also represents a threat to the balance of biodiversity of terrestrial species due to its power of environmental alteration. Carrying out studies that tackle new energy sources and their practicality is an action that aims at sustainable development. The good use of the potential of renewable natural resources, either of physical nature of the planet natural condition itself and/or through new productive ways and energetic use are now impositions in relation to the environmental alterations. For this reason, the main objective of this research is to study the renewable energy potential in the coastal area of Rio Grande do Sul north coast, generating aggregate value to the activities with regional vocation and collaborating to decrease the environmental impact. The result obtained is the elaboration of a product of Geographical Information System, representative of the energy potential of the coastal area.

Keywords: coastal management, renewable sources of energy, Geographical Information System, sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Síntese do roteiro metodológico.....	20
Figura 2 – Localização da área de estudo.....	23
Figura 3 – Mapa geológico da província costeira do Rio Grande do Sul.....	25
Figura 4 – Sistemas de circulação atmosférica de influência sobre o Rio Grande do Sul.....	34
Figura 5 – Diagrama das frequências percentuais das direções de proveniência dos ventos nas estações meteorológicas de Torres e Imbé.....	36
Figura 6 – Hidrografia da área de estudo.....	41
Figura 7 – Mapa de solos da área de estudo.....	44
Figura 8 – Distribuição da população total por município.....	46
Figura 9 – Distribuição da população urbana e rural por município.....	48
Figura 10 – Caracterização do perfil dos municípios.....	49
Figura 11 – Localização das unidades de conservação na área de estudo.....	58
Figura 12 – Demanda de energia por município.....	61
Figura 13 – Perfil da demanda de energia por município.....	62
Figura 14 – Correlação das cartas utilizadas.....	65
Figura 15 – Carta imagem da área de estudo.....	68
Figura 16 – Geologia da área de estudo.....	70
Figura 17 – Município de Maquiné – Geologia.....	71
Figura 18 – Exemplificação de ajustes realizados nas curvas de nível.....	73
Figura 19 – Altimetria da área de estudo.....	74
Figura 20 – Município de Maquiné – Altimetria.....	75
Figura 21 – Uso e Cobertura do Solo na área de estudo.....	78
Figura 22 – Potencial Eólico Anual com 50m de altura na área de estudo.....	82
Figura 23 – Potencial Eólico Anual com 75m de altura na área de estudo.....	83
Figura 24 – Potencial Eólico Anual com 100m de altura na área de estudo.....	84
Figura 25 – Modelo de Insolação na área de estudo.....	86
Figura 26 – Radiação solar média anual diária para a área de estudo.....	87
Figura 27 – Potencial de energia solar na área de estudo.....	92
Figura 28 – Perfil dos municípios para aproveitamento de energia solar.....	94

Figura 29 – Zonas potenciais para PHs na área de estudo.....	96
Figura 30 – Município de Maquiné – Zonas Potenciais para PHs.....	97
Figura 31 – Detalhe da localização de um barramento para PH.....	98
Figura 32 – Simulação da localização de um barramento e respectiva área do reservatório.....	99
Figura 33 – Perfil dos municípios par PHs.....	100
Figura 34 – Biomassa: agricultura e silvicultura.....	104
Figura 35 – Perfil das fontes de biomassa dos municípios da área de estudo.....	106
Figura 36 – Perfil dos municípios para geração de energia de biomassa.....	108
Figura 37 – Perfil dos municípios para aproveitamento de energia eólica.....	112
Figura 38 – Exemplo da organização de regras para seleção SQL	115
Figura 39 – Perfil das fontes energéticas renováveis da PCNRS.....	116
Figura 40 – Diversificação da matriz energética renovável da PCNRS.....	117
Figura 41 – Potencial energético renovável da PCNRS.....	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estimativa da população por município e situação de domicílio.....	47
Quadro 2 – Quantidade produzida em toneladas de lavoura temporária e permanente na área de estudo.....	53
Quadro 3 – Produtos da silvicultura em m ³ na área de estudo.....	53
Quadro 4 – Estrutura empresarial: número de unidades locais por atividade.....	56
Quadro 5 – Consumo faturado de energia total e por categorias de consumo.....	60
Quadro 6 – Relação de municípios e cartas SGE correspondentes.....	66
Quadro 7 – Características das imagens utilizadas.....	66
Quadro 8 – Informações das imagens do satélite SPOT 5.....	67
Quadro 9 – Classes de uso e cobertura do solo e área ocupada.....	81
Quadro 10 – Critérios para definição de classes de potencial de energia solar.....	91
Quadro 11 – Estações fluviométricas e pluviométricas em operação na área de estudo.....	101
Quadro 12 – Classes de biomassa e área ocupada com relação à região.....	105
Quadro 13 – Distribuição por municípios das classes predominantes de biomassa.....	105
Quadro 14 – Relação MNT e velocidade do vento nos municípios da área de estudo.....	110
Quadro 15 – Aptidão das fontes de energias renováveis, em nível municipal.....	114
Quadro 16 – Pesos atribuídos as fontes energéticas renováveis.....	118

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APA	Área de Proteção Ambiental
AP/BIONERGIA	Arranjos Produtivos de Bioenergia do Estado do Rio Grande do Sul
CBEE	Centro Brasileiro de Energia Eólica
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica
CENBIO	Centro Nacional de Referência em Biomassa
CEPERSM	Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPEE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
ELETOBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras
DEFAP	Departamento de Florestas e Áreas Protegidas
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
FEPAGRO	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
FIERGS	Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul
GERCO	Gerenciamento Costeiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MME	Ministério das Minas e Energia
MNT	Modelo Numérico do Terreno
PAC	Plano de Aceleração do Crescimento
PCMA	Projeto Conservação da Mata Atlântica
PCNRS	Planície Costeira Norte do Rio Grande do Sul
PH	Pequena Hidrelétrica
PI	Plano de Informação

PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PROINFRA	Programa de Incentivo às Fontes Renováveis de Energia
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
SEPLAG	Secretaria de Planejamento e Gestão do Estado do Rio Grande do Sul
SEUC	Sistema Estadual de Unidades de Conservação
SGE	Serviço Geográfico do Exército Brasileiro
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TIN	<i>Triangular Irregular Network</i>
UC	Unidade de Conservação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 O Campo de Investigação e o Problema Pesquisado.....	13
1.2 Objetivos.....	15
1.3 Justificativa.....	16
1.4 Metodologia.....	17
1.5 Estrutura da Tese.....	21
2. COMPARTIMENTAÇÃO AMBIENTAL DA PLANÍCIE COSTEIRA NORTE DO RIO GRANDE DO SUL	22
2.1 Caracterização Físico-Ambiental da Área de Estudo.....	22
2.1.1 Delimitação da área de estudo.....	22
2.1.2 Características mesoambientais.....	24
2.1.2.1 Compartimentação geológica.....	24
2.1.2.1.1 Sistema deposicional de leques aluviais.....	24
2.1.2.1.2 Sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira.....	26
2.1.2.1.3 Sistema deposicional laguna-barreira I.....	26
2.1.2.1.4 Sistema deposicional laguna-barreira II.....	27
2.1.2.1.5 Sistema deposicional laguna-barreira III.....	28
2.1.2.1.6 Sistema deposicional laguna-barreira IV.....	28
2.1.2.2 Compartimentação geomorfológica.....	29
2.1.2.2.1 Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares.....	30
2.1.2.2.1.1 Região Geomorfológica Planície Costeira Externa.....	30
2.1.2.2.1.2 Unidade Geomorfológica Planície Marinha.....	30
2.1.2.2.1.3 Região Geomorfológica Planície Costeira Interna.....	31
2.1.2.2.1.4 Unidade Geomorfológica Planície Lagunar.....	31
2.1.2.2.1.5 Unidade Geomorfológica Planície Alúvio-Coluvionar.....	31
2.1.2.2.2 Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares.....	31
2.1.2.2.2.1 Região Geomorfológica Planalto das Araucárias.....	32
2.1.2.3 Compartimentação climática.....	32
2.1.2.4 Compartimentação hidrológica.....	36

2.1.2.5 Compartimentação edafológica.....	42
2.2 Caracterização Antrópica da Área de Estudo.....	45
2.2.1 Demografia.....	45
2.2.2 Uso do solo.....	50
3. CONCEITOS E BASE DE DADOS ESPACIAIS DA PCNRS.....	63
3.1 Geoprocessamento.....	63
3.2 Estrutura do SIG.....	63
3.2.1 Base cartográfica.....	64
3.2.2 Mapa geológico da PCNRS.....	69
3.2.3 Modelo Numérico do Terreno.....	72
3.2.4 Produtos dos sensores remotos.....	76
3.2.5 Mapas eólicos.....	81
3.2.6 Mapas de insolação e radiação solar.....	85
3.3 Levantamentos de Campo.....	88
4. ANÁLISE DO POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVÁVEL DA PCNRS.....	90
4.1 Energia solar.....	90
4.2 Potencial para PHs.....	95
4.3 Biomassa.....	102
4.4 Potencial eólico.....	109
4.5 Perfil do potencial das energias renováveis da PCNRS.....	113
4.6 Outras fontes renováveis de energia.....	121
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	123
5.1 Conclusões.....	123
5.2 Limitações.....	126
5.3 Recomendações.....	127
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
APÊNDICE A – FOTOS DO LEVANTAMENTO DE CAMPO.....	138
APÊNDICE B – RESOLUÇÕES DO CONAMA.....	147

1. INTRODUÇÃO

O potencial energético da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, no segmento norte, é uma linha de estudo a ser desenvolvida e aprofundada, com vistas a práticas econômicas na exploração de fontes renováveis de energia.

O estudo parte em busca de uma visão estratégica de caráter ambiental e socioeconômico em atendimento à crescente demanda nacional e global em energias alternativas. A Planície Costeira Norte do Rio Grande do Sul (PCNRS), pelo contexto geológico, geomorfológico, climático e pela dimensão da margem oceânica adjacente, por certo, é detentora de grande potencialidade em recursos energéticos inovadores. A abordagem não se restringe aos recursos naturais, já que se procura dar ênfase também aos produtos derivados da biomassa e resíduos da cadeia produtiva dos agronegócios, os quais gerarão maior valor agregado à economia do Estado.

1.1 O campo de Investigação e o Problema Pesquisado

A sociedade é uma ordem dinâmica e tende sempre a se desenvolver em todos os sentidos, incluindo, principalmente, o viés demográfico e a qualidade de vida. Essas duas variáveis do processo civilizador, por si só, envolvem uma crescente demanda de energia. O abastecimento energético da sociedade presente terá que ser revisto no futuro, pois, com o atual modelo existe uma incompatibilidade entre o desenvolvimento da sociedade e a sustentabilidade dos ambientes naturais. Em outras palavras, a sociedade contemporânea para satisfazer suas necessidades de conforto e qualidade de vida agride a natureza, desequilibrando seus sistemas naturais. De certo modo isso é um paradoxo, pois os impactos ambientais antrópicos acabam por ocasionar danos aos ambientes naturais que revertem contra a própria ordem social e, conseqüentemente, contra o equilíbrio necessário à manutenção da vida sobre o planeta.

Estudos que vêm sendo realizados ao longo dos últimos anos são divulgados alertando sobre as implicações da falta de sensibilidade humana para resolver a problemática ambiental. Se não forem tomadas medidas imediatas, no médio e longo prazo para se controlar a emissão de gases que levam à alteração substancial do equilíbrio atmosférico, a humanidade sofrerá consequências desastrosas.

Há que ser entendido, na devida forma, que as alterações climáticas são parte do ciclo evolutivo do planeta (PERLMUTTER & MATTHEWS, 1992). Em vários períodos e eras geológicas elas ocorreram. Mas é inegável, também, que a partir da civilização industrial e da ocupação desorganizada do espaço, o ritmo das alterações climáticas ganhou aceleração. Portanto, acima de tudo, é preciso reformular a produção de energia que permita o desenvolvimento de maneira sustentável em relação ao ambiente natural do planeta.

O sistema energético que se desenvolveu até nossos dias, baseado, principalmente, em fontes não renováveis, se tornou o grande vilão da poluição e da alteração do sistema de circulação e distribuição de calor atmosférico. Ainda, diante do cenário que se projeta para os próximos decênios, é de bom senso pensar em fontes alternativas e renováveis, para a manutenção das fontes de energia necessárias às futuras gerações.

Em virtude do exposto, este trabalho visa desenvolver estudos das potencialidades de produção de energia a partir de fontes renováveis, na Planície Costeira Norte do Rio Grande do Sul, gerando valor agregado às atividades com vocação regional e colaborando para a diminuição do impacto ambiental.

O instrumento viabilizador desta proposta é a aplicação da análise, processamento e interpretação de produtos espaciais, ou seja, as técnicas de Geoprocessamento. Estas técnicas permitem superar a visão parcial que o homem tem do mundo, através da capacidade de conhecer e acompanhar o movimento da natureza e da sociedade e integrar as mais diversas fontes de informação.

O Sensoriamento Remoto e a Aerofotogrametria, por meio da geração de imagens da superfície terrestre, propiciam uma infindável fonte de informações, imprescindíveis para o conhecimento e evolução da realidade. As técnicas de Sensoriamento Remoto permitem, através de uma série de funções, que estas imagens sejam processadas, analisadas, interpretadas, gerando mapeamentos e quantificações.

A função dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) consiste em integrar as informações obtidas por Sensoriamento Remoto com outros dados espacialmente distribuídos (modelo numérico do terreno, entre outros). O SIG permite, desta forma, criar um modelo do mundo real ao integrar dados de natureza diversa, voltado para uma aplicação em particular. Barredo (1996) sugere que, atualmente, a alta diversificação da informação espacial e o grande volume de dados espaciais gerados pelo Sensoriamento Remoto, tornam o SIG uma potente ferramenta de gestão desses dados.

Portanto, as possibilidades de utilização das técnicas expostas e a necessidade de fontes de energia para o desenvolvimento compatível com a preservação ambiental, podem gerar o seguinte problema de investigação:

“Quais são e onde se localizam as potencialidades de fontes energéticas renováveis ao longo da Planície Costeira Norte?”

1.2 Objetivos

i. Objetivo geral

Levantar informações gerais das possíveis fontes de energias renováveis para elaborar um produto de Sistemas de Informações Geográficas, que represente o potencial energético da PCNRS.

ii. Objetivos específicos

1. Levantar as características físico-ambientais e antrópicas da PCNRS;
2. Mapear as principais áreas potenciais de fontes de produção de energias renováveis;
3. Elaborar um modelo tridimensional da configuração física do ambiente costeiro norte do RS, para localização e identificação do seu potencial de recursos naturais;
4. Elaborar mapas temáticos da planície costeira com o potencial primário dos recursos naturais passíveis de fonte de energia;
5. Identificar, localizar e analisar o potencial energético renovável da PCNRS;
6. Propor alternativas de aproveitamento das fontes renováveis de energia;
7. Avaliar os benefícios e limitações do banco de dados espacial construído.

1.3 Justificativa

Os ambientes costeiros do RS potencializam recursos naturais passíveis de utilização na geração de energia, desde as tradicionais as mais inovadoras. A construção de um modelo de localização e de identificação do potencial energético da planície costeira, por meio das técnicas de geoprocessamento, é o objeto central da pesquisa. Estabelecida, tecnicamente, a modelagem de localização e identificação do potencial energético será possível relacionar a sustentabilidade do recurso com as demandas energéticas da sociedade.

Diante do cenário sobre as consequências das fontes de energia não renováveis, as fontes alternativas de energia como eólica, solar, biomassa e produzida por pequenas hidrelétricas (PHs) se mostram uma viabilidade técnica factível.

Os governos federal e estadual têm incentivado a criação de programas para a utilização de fontes alternativas de energia, como projetos de geração de energia a partir da ação dos ventos (eólica), pequenas hidrelétricas, bagaço da cana, casca de arroz, cavaco de madeira e biogás de lixo (biomassa). Informações disponibilizadas pelo Ministério de Minas e Energia (MME, 2003) indicam que o desenvolvimento dessas fontes permitirá aprendizagem tecnológica, competitividade industrial e, sobretudo, a identificação e a apropriação dos benefícios técnicos, ambientais e socioeconômicos na definição da competitividade econômico-energética de projetos de geração de fontes alternativas.

O intenso debate sobre os impactos causados pela dependência de combustíveis fósseis contribui para o interesse mundial por soluções sustentáveis por meio da geração de energia oriunda de fontes inovadoras e renováveis. Os resultados dos debates que vêm ocorrendo no meio científico e político sobre a iminência de desastres ambientais tem sido decisivos. Eles têm levado as autoridades mundiais à tomada de decisões sobre como diminuir os impactos dos gases produzidos pelo sistema de produção e pela circulação de veículos e, notadamente, como substituir a energia produzida por combustíveis fósseis por fontes renováveis e de baixa poluição.

O mundo global, que envolve a grande produção, as grandes cidades e do avanço tecnológico volta-se, tardiamente, para o problema que deveria ser o mais fundamental desde que começou a era industrial: como compatibilizar o

desenvolvimento da sociedade com a preservação da biodiversidade. Contudo, ao que tudo indica, hoje, essa problemática está na ordem do dia. Cabe, principalmente, à área acadêmica a responsabilidade de desenvolver estudos, projetos, análises e emitir pareceres sobre a marcha do desequilíbrio atmosférico.

Muitas das recomendações da expedição “Energia positiva para o Brasil” (GREENPEACE, 2004) já vêm sendo tomadas e praticadas, como por exemplo, a instalação de parques eólicos assim como as PHs. Podemos considerar que o parque eólico de Osório é uma primeira iniciativa de aproveitamento do potencial eólico da planície costeira do Rio Grande do Sul. A área de aproveitamento desse potencial pode se estender ao longo de toda planície, em função da frequência dos ventos na região. Por outro lado, o potencial para utilização das áreas emersas da planície costeira para o desenvolvimento da biomassa é significativo, como o demonstram as culturas já em andamento em diversos pontos do litoral riograndense.

O modelo de localização espacial das potencialidades da planície costeira para a produção de energia renovável, será baseado nos recursos proporcionados pelo avanço das tecnologias. A partir do mapeamento das potencialidades das terras litorâneas e da circulação atmosférica será possível desenvolver projetos de viabilidade técnica e econômica para a exploração dos recursos indicados.

Diante disso, parece estar evidente a significância do estudo no sentido de esclarecer as questões fundamentais da potencialidade dos recursos de energia renovável na planície costeira, assim como as possibilidades de exploração, melhores áreas de ação produtiva, produção por hectare para os recursos a serem cultivados e o potencial para os recursos não cultiváveis.

1.4 Metodologia

O estudo é aplicado à Planície Costeira Norte do Rio Grande do Sul, entre os municípios de Tramandaí e Torres. A delimitação da área de investigação deve-se aos seguintes fatores:

a) à complexidade de ambientes naturais e de processos demográficos instalados na região, o que resulta numa maior diversidade de fontes energéticas a serem avaliadas;

b) ao grau de relevância dos recursos naturais e das atividades econômicas no contexto estadual;

c) à sensibilidade ambiental decorrente da compartimentação geomorfológica, da variação dos sistemas deposicionais e dos conflitos derivados do uso do solo;

d) à disponibilidade de imagens de satélite com resolução espacial adequada para a realização do estudo, considerando que este trabalho foi desenvolvido com recursos próprios pela falta de apoio das agências de pesquisa que não acreditavam na necessidade deste tipo de estudos;

e) à possibilidade de aplicação do modelo de análise proposto em outras áreas, observadas as especificidades locais e regionais.

As questões envolvidas na presente investigação científica seguem, no geral, a estrutura teórica recomendada por Miles e Huberman (1994) e Ayup-Zouain *et al* (2005), que se referem aos questionamentos estabelecidos para o trabalho de campo e a seleção dos dados de diversas fontes e variáveis, indispensáveis ao estudo analítico proposto. A pesquisa se define como um estudo de caso exploratório descritivo. O método qualitativo é particularmente útil nos estudos de caso, principalmente em situações de pequeno potencial de informações ou áreas novas para investigação. Eventualmente, este estudo utilizará alguns procedimentos quantitativos que possam garantir suporte indispensável para melhor interpretação qualitativa dos dados levantados. O estudo exploratório tem o sentido de possibilitar o maior conhecimento sobre uma nova realidade que se está instalando na área objeto do estudo. É o caso específico do estudo das potencialidades de produção de energia renovável ao longo da PCNRS.

As etapas envolvidas, segundo o método de análise (adaptado de AYUP-ZOUAIN *et al*, 2005) envolve:

1. Pesquisa bibliográfica;
2. Levantamento de informações gerais e cartográficas; imagens de satélite e dados estatísticos; e, legislação ambiental;
3. Definição das imagens de satélite e dos *softwares*;
4. Estruturação do banco de dados espacial em ambiente SIG;
5. Estruturação da base cartográfica;
6. Inserção de dados estatísticos na base de dados;
7. Geração de informações primárias (geologia, hidrografia, rede viária, áreas urbanas);

8. Levantamento e coleta de informações de campo;
9. Tratamento preliminar das imagens de satélite;
10. Geração de informações derivadas (modelo numérico do terreno, uso e cobertura do solo, mapas eólicos, radiação solar, biomassa);
11. Levantamento de campo;
12. Análise e mapeamento do potencial energético renovável para a região de estudo;
13. Confeção dos mapas finais;
14. Avaliação das possibilidades de exploração dos recursos energéticos renováveis da área.

A análise do potencial energético renovável segue a identificação e o mapeamento das fontes de recursos naturais, organizado em um banco de dados espacial. A partir da análise das informações mapeadas, realizada com o auxílio de ferramentas SIG, são elaboradas alternativas de aproveitamento energético, considerando o contexto regional e as limitações do ambiente. A Figura 1 apresenta uma síntese do roteiro metodológico adotado nessas análises.

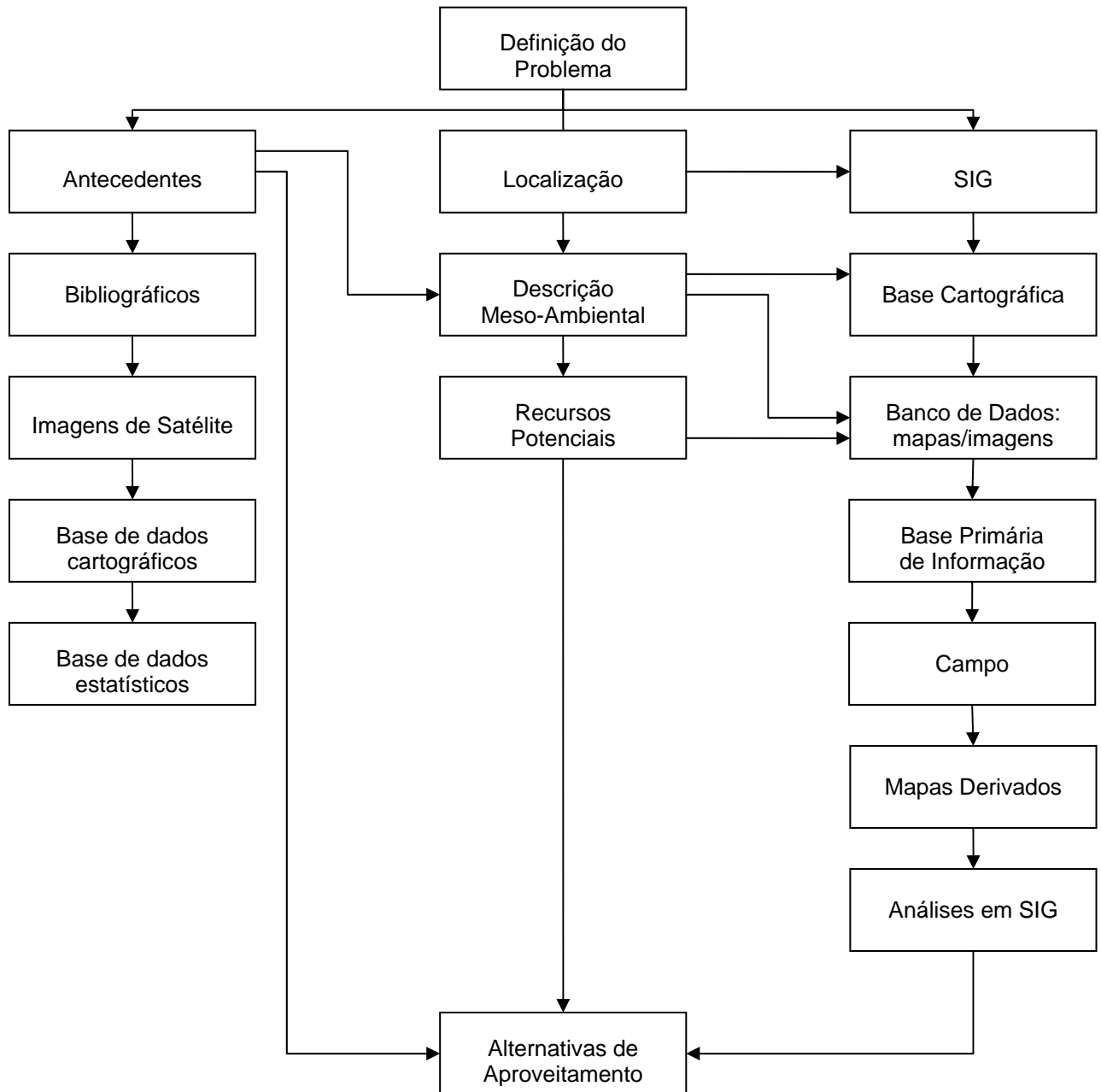


Figura 1: Síntese do roteiro metodológico

1.5 Estrutura da Tese

No capítulo 1, estão apresentados o problema, os objetivos, a importância da pesquisa e o roteiro metodológico.

No capítulo 2, delineam-se as características do ambiente natural e os processos antrópicos desenvolvidos na área de estudo. Esta descrição permite a identificação posterior (capítulo 4) do potencial dos recursos naturais para produção de energia renovável.

O capítulo 3 apresenta as etapas envolvidas na construção do banco de dados espacial.

No capítulo 4, o banco de dados produzido no capítulo anterior é analisado, de modo a propor alternativas de aproveitamento dos recursos naturais como fontes energéticas renováveis. Adicionalmente, é traçado um perfil das fontes energéticas renováveis da PCNRS, da diversificação da matriz renovável e do potencial para sua utilização.

Por fim, no capítulo 5 apresentam-se as conclusões sobre a metodologia proposta, as potencialidades e limitações das ferramentas SIG e são oferecidas recomendações para o aproveitamento energético futuro.

2. COMPARTIMENTAÇÃO AMBIENTAL DA PLANÍCIE COSTEIRA NORTE DO RIO GRANDE DO SUL

2.1 Caracterização Físico-Ambiental da Área de Estudo

2.1.1 Delimitação da área de estudo

A pesquisa é desenvolvida na Planície Costeira Norte do Rio Grande do Sul, entre os municípios de Tramandaí e Torres (Figura 2). Fazem parte desta área selecionada 17 municípios: Arroio do Sal, Capão da Canoa, Caraá, Dom Pedro de Alcântara, Imbé, Itati, Mampituba, Maquiné, Morrinhos do Sul, Osório, Santo Antônio da Patrulha, Terra de Areia, Torres, Tramandaí, Três Cachoeiras, Três Forquilhas e Xangri-lá.

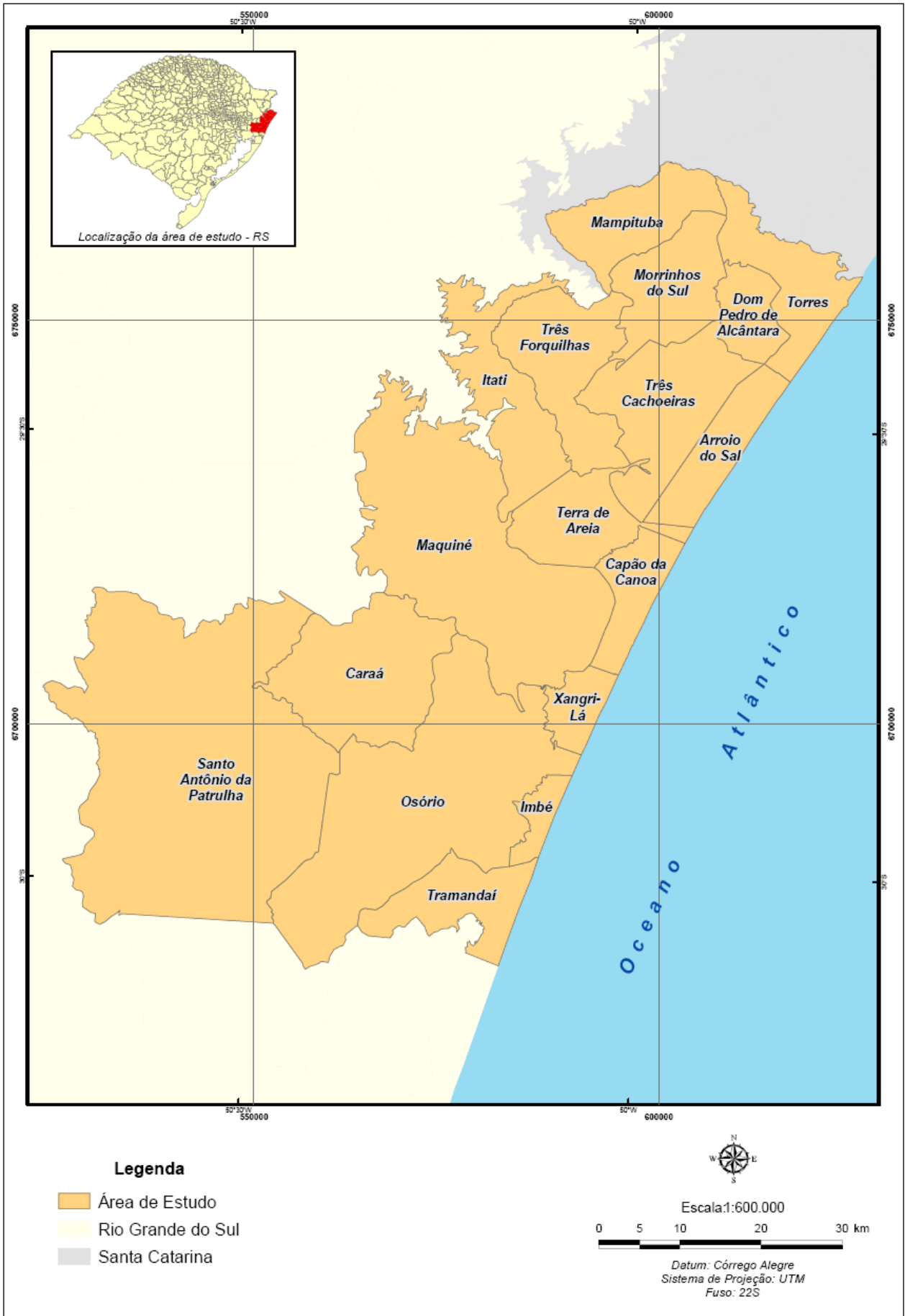


Figura 2 - Localização da área de estudo

2.1.2 Características mesoambientais

2.1.2.1 Compartimentação geológica

A porção estudada da PCNRS ocupa uma estreita e diversificada faixa ambiental, compreendida entre os 29° 20' 34" de latitude sul e os 49° 42' 41" de longitude oeste, a barra do Mampituba, e os 30° 00' de latitude sul e 50° 05' 00" de longitude oeste, na porção sul do município de Tramandaí. A evolução desta região se deu através de quatro transgressões marinhas, responsáveis pela formação das quatro barreiras marinhas e remodelação do relevo anteriormente tomado pelo basalto da Serra Geral e pelo Arenito Botucatu, formando pacotes sedimentares das planícies e parte das encostas de morros interiores da planície costeira interna.

A erosão das terras altas situadas a oeste resultou na acumulação, durante o Cenozóico, de fácies sedimentares de natureza clástica terrígena, como produtos de processos desenvolvidos em diferentes ambientes deposicionais instalados.

A região de estudo compreende parte do Planalto e da Depressão Periférica e os Sistemas Deposicionais de Leques Aluviais e do tipo Laguna-Barreira I, II, III e IV, conforme pode ser visualizado no mapa produzido como resultado dos estudos de Villwock & Tomazelli (1995), na Figura 3. Uma descrição dos principais sistemas deposicionais conforme exposto por Tomazelli e Vilwock (2000) será descrita a continuação dos subcapítulos.

2.1.2.1.1 Sistema deposicional de leques aluviais

O sistema deposicional de leques aluviais engloba um conjunto de fácies sedimentares resultantes de processos de transporte associados aos ambientes de encosta das terras altas (Planalto). Em sua parte mais proximal há depósitos resultantes de processos gravitacionais (queda livre de blocos, rastejamento e fluxo de detritos), que graduam, na sua porção distal, para depósitos transportados e depósitos em meio aquoso (aluviões). A morfologia de leque é dificilmente reconhecida, com exceção de algumas áreas de terrenos holocênicos associados a pontos mais ou menos fixos de aporte sedimentar. Na maior parte das vezes, esta geometria é obscurecida e as fácies se distribuem em forma de rampa suave, desde a região

proximal até a distal. Esta morfologia de rampa é atribuída à existência de pontos de afluxo sedimentar, favorecendo a coalescência dos leques e os efeitos de retrabalhamento e erosão posterior, incluindo-se os entalhamentos fluviais e os terraceamentos marinhos e lagunares, afetando as partes distais dos leques, como resultados das oscilações do nível relativo do mar.

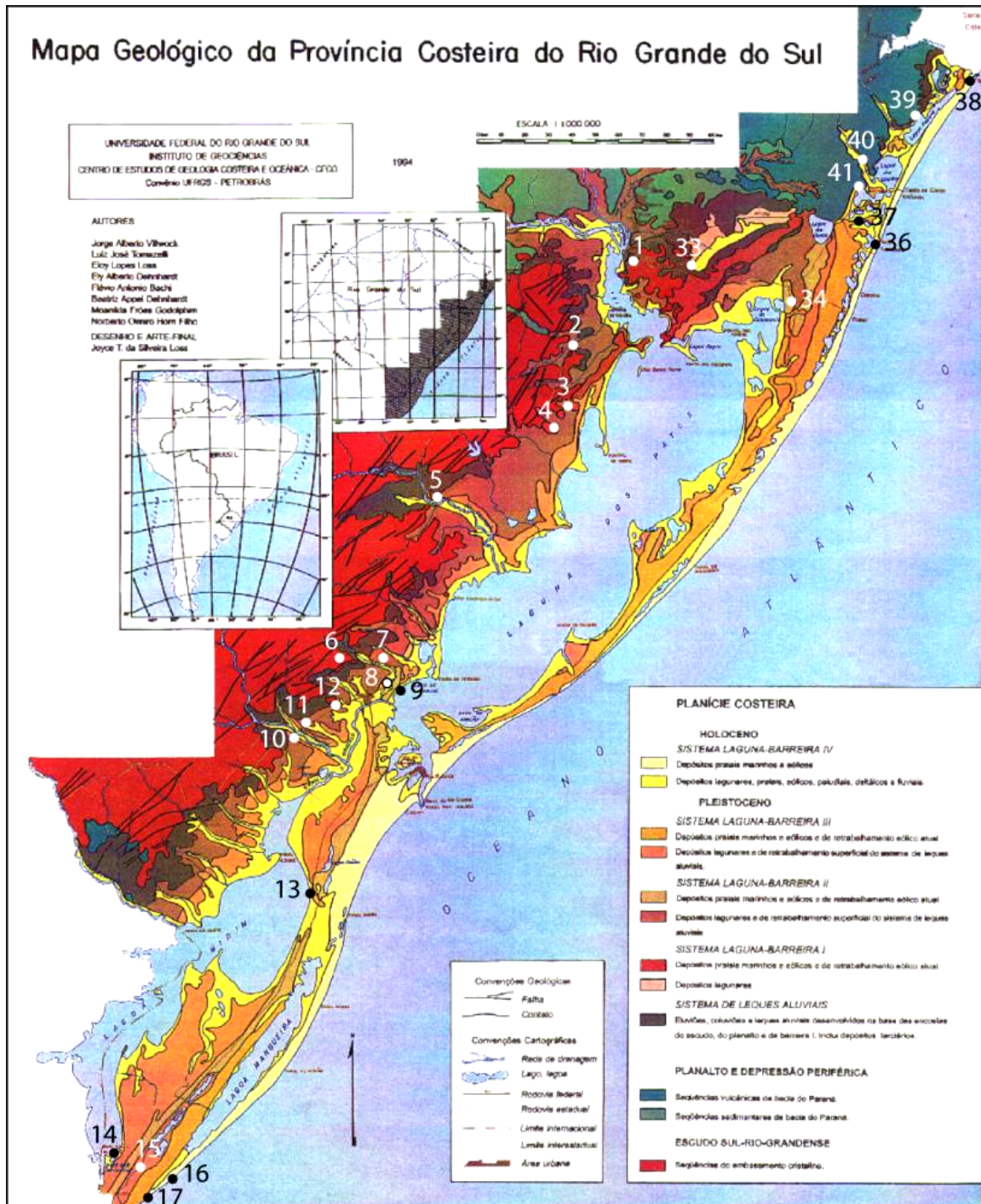


Figura 3: Mapa geológico da província costeira do Rio Grande do Sul.
Fonte: Villwock & Tomazelli, 1995.

A implantação deste sistema teve início no final do Terciário e os processos deposicionais persistem até o presente, com menor intensidade. Ao longo do tempo, esta intensidade variou consideravelmente em função das variações climáticas e suas implicações nas taxas de precipitação e no desenvolvimento da cobertura vegetal.

A composição, textura e estrutura das fácies geradas no sistema de leques aluviais dependem da natureza da área fonte submetida à erosão, principalmente ao que se refere a composição das rochas e energia do relevo.

Os leques alimentados pelas rochas da Bacia do Paraná ocupam a parte interna da planície costeira, junto às encostas do Planalto da Serra Geral. Como resposta ao alto relevo da área fonte e à sua composição de rochas sedimentares e vulcânicas, as fácies do sistema são de natureza lítica e de granulometria grossa. Refletem o predomínio de processos gravitacionais subáreos (quedas de blocos, escorregamentos, fluxo de detritos) sobre os subaquosos.

2.1.2.1.2 Sistemas deposicionais tipo laguna-barreira

A planície costeira do Rio Grande do Sul também se desenvolveu na direção leste, através da coalescência lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira. Cada um destes sistemas registra o pico de uma transgressão, seguida de um evento transgressivo.

2.1.2.1.3 Sistema deposicional laguna-barreira I

O sistema laguna-barreira I é o mais antigo sistema deposicional deste tipo, desenvolvido como resultado do primeiro evento transgressivo-regressivo pleistocênico. O desenvolvimento deste sistema se originou a partir da acumulação de sedimentos eólicos que ancoraram sobre os altos do embasamento. Na porção correspondente a área de estudo, estes altos correspondem, principalmente, as rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná. As fácies sedimentares são compostas por areias quartzo-feldspáticas avermelhadas, de granulação fina a média, bem arredondadas, semi-consolidadas e apresentam um elevado conteúdo de matriz siltico-argilosa de origem pedogenética. As estruturas sedimentares primárias estão quase totalmente destruídas pelos intensos processos pós-deposicionais. Em função disso, os afloramentos são maciços e, em raros locais, ocorrem as feições deposicionais eólicas.

O elevado conteúdo em matriz siltico-argilosa tem origem pós-deposicional, associada à alteração pedogenética dos minerais (feldspato principalmente) e à processos de infiltração das argilas. A concentração destas aumenta com relação à profundidade. Os solos dos altos do embasamento contribuíram no fornecimento do material siltico-argiloso constituinte da matriz. Em alguns locais, ocorrem estruturas biogências, principalmente associadas ao crescimento de raízes, sob a forma de tubos verticalizados. Estas estruturas, em determinados níveis de afloramento, podem indicar a presença de paleossolos.

O sistema lagunar I ocupou as terras baixas situadas entre a barreira I e os terrenos mais antigos, formados pelas rochas sedimentares paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Paraná e pelos terrenos pré-cambrianos da região de Porto Alegre. A carga sedimentar trazida pelos rios que drenam as terras altas adjacentes se acumulou, dentro do sistema lagunar I, em ambientes de sedimentação lagunar, fluvial e paludial. Os vários eventos transgressivo-regressivos durante o Quaternário retrabalharam os depósitos a cada ingressão marinha, resultado em depósitos aluviais, lacustres, paludais, com diversas idades.

2.1.2.1.4 Sistema deposicional laguna-barreira II

O sistema deposicional laguna-barreira II corresponde a evolução do segundo evento transgressivo-regressivo, com idade aproximada de 325 ka.

As fácies praias e eólicas ficaram preservadas, ao norte, como um grande pontal arenoso desenvolvido ao leste da Lagoa dos Barros e, ao sul, como um sistema de ilhas-barreira. A litologia corresponde a areias quartzo-feldspáticas, castanho-amareladas, arredondadas e envoltas em matriz siltico-argilosa de natureza diagenética. As estruturas sedimentares primárias foram, na maior parte, destruídas pelos processos pedogenéticos que afetaram estes sedimentos.

As fácies acumuladas refletem a sedimentação nos ambientes deposicionais desenvolvidos durante o período ativo do sistema laguna-barreira I e durante os eventos transgressivos-regressivos posteriores. Durante a rápida transgressão do sistema II, as águas do corpo lagunar avançaram sobre os sedimentos do sistema de leques aluviais retrabalhando-os e esculpindo um terraço de abrasão, situado entre 18-24m, em boa parte da margem oeste da planície costeira. As características litológicas são muito semelhantes ao sistema lagunar III.

2.1.2.1.5 Sistema deposicional laguna-barreira III

A barreira III, associada a um terceiro evento transgressivo-regressivo pleistocênico, configura-se por depósitos que se estendem, de maneira quase contínua, ao longo de toda a planície costeira. Ao norte da região de Osório, os depósitos estão apoiados na base da escarpa da Serra Geral, onde interdigitam com tálus e outros depósitos de encosta pertencentes ao sistema leques aluviais. Isto indica que no pico transgressivo relativo à Barreira III a linha de costa atingia diretamente a escarpa da Serra Geral, possibilitando a formação de cavernas de erosão marinha, como as existentes próximo a Lagoa de Itapeva, ao sul de Torres, escavadas em arenitos eólicos da Formação Botucatu.

As fácies localizadas neste sistema são arenosas, de ambiente praias e marinho raso, recobertas por depósitos eólicos, dispostas em sucessão vertical, indicando um processo prográdante. Os sedimentos praias são compostos por areias quartzosas claras e finas, bem selecionadas, com estratificações bem desenvolvidas.

As areias eólicas de cobertura apresentam coloração avermelhada e aspecto maciço, por vezes bioturbadas por raízes e, comumente, intercalam níveis centimétricos de paleossolos. Em vários locais a remoção da cobertura vegetal, por processos naturais ou antrópicos, causou a reativação dos processos eólicos. As areias reativadas pelo vento dominante de NE migram no sentido SW, em geral sob a forma de dunas parabólicas.

Esse sistema deposicional, com idade de cerca de 120 ka, pode ser correlacionado aos depósitos praias e marinhos reconhecidos em diversas outras regiões costeiras e identificados com o evento de mar alto do último pico interglacial pleistocênico.

Na região da retrobarreira há um complexo de ambientes deposicionais instalados, com fácies acumuladas, representadas principalmente por areias finas, siltico-argilosas.

2.1.2.1.6 Sistema deposicional laguna-barreira IV

Esse sistema deposicional é o mais recente, desenvolvido no Holoceno, como consequência da última transgressão pós-glacial, há cerca de 5ka. No máximo desta transgressão, o nível do mar alcançou aproximadamente 3 a 4 metros acima do nível atual, formando uma barreira que progradou, sob condições de regressão

forçada, durante a fase regressiva que se seguiu. Em certos locais esta progradação ocorreu por meio da construção de cordões litorâneos regressivos, cujas características ainda podem ser observadas ao norte de Tramandaí.

As areias praias da Barreira IV são quartzosas, de granulação fina a muito fina. O campo de dunas eólicas é bem desenvolvido, com largura variável entre 2 e 8 km, estendendo-se praticamente ao longo de toda a linha da costa. Em resposta a um regime de ventos de alta energia proveniente de NE, as dunas livres, predominantemente do tipo barcanóide, migram no sentido SW, transgredindo terrenos mais antigos e avançando para dentro dos corpos lagunares adjacentes.

Na região em estudo, o sistema é constituído por um conjunto complexo de ambientes e subambientes deposicionais que incluem corpos aquosos costeiros, sistemais aluviais, sistemas deltaicos e sistemas paludiais. Ao longo do tempo de existência do sistema deposicional estes ambientes coexistiram, lado a lado, ou então gradaram temporal e/ou espacialmente uns nos outros. A passagem temporal gradativa laguna-lago-pântano costeiro parece marcar uma clara tendência evolutiva entre estes importantes componentes do sistema. Essas transformações são controladas por quatro mecanismos principais: 1) variações do nível de base regional, incluindo o lençol freático, que acompanharam as flutuações holocênicas do nível relativo do mar; 2) o progressivo avanço da vegetação marginal dos corpos aquosos; 3) o aporte de sedimentos clásticos trazidos pelos cursos fluviais e 4) a migração das dunas eólicas livres que avançam pelo flanco leste destes ambientes. Estes mecanismos controlam a velocidade em que transcorrem os processos evolutivos e a natureza textural e composicional das fácies que se acumulam nos diversos ambientes deposicionais.

2.1.2.2 Compartimentação geomorfológica

A área em estudo pertence ao Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares, o qual compreende a Região Geomorfológica Planície Costeira Externa e Região Geomorfológica Planície Costeira Interna; e ao Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares, que compreende a Região Geomorfológica do Planalto das Araucárias.

2.1.2.2.1 Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares

Esta feição geomorfológica integra duas regiões e três unidades, que serão descritas a continuação.

2.1.2.2.1.1 Região Geomorfológica Planície Costeira Externa

Esta região coincide predominantemente com os modelados originados pelos depósitos marinhos e eólicos, onde se instalou a vegetação do tipo Formações Pioneiras. Os solos são arenosos, correspondendo a dunas e areias quartzosas. Em algumas áreas encontram-se atividades antrópicas ligadas à pecuária. Os processos de degradação dominantes a definem como planície, enquanto que seu posicionamento na faixa de interferência da terra e do mar dá a conotação de costeira; a qualificação de externa é relacionada ao domínio.

A drenagem na área corresponde as porções finais de alguns rios que deságuam no Oceano Atlântico como o Rio Mampituba e o Rio Tramandaí. Nesta região está a Unidade Geomorfológica Planície Marinha.

2.1.2.2.1.2 Unidade Geomorfológica Planície Marinha

Nesta unidade ocorre pronunciada ação marinha e eólica, com predomínio de terraços marinhos e modelados eólicos, incluindo dunas e planícies arenosas e, em menor grau, planícies lagunares.

A costa é retilínea, com largas reentrâncias e com formações de campos de dunas. Estas dunas atuais encontram-se ativas em alguns locais e semi-estabilizadas pela vegetação em outros. Desse modo, predominam os modelados eólicos e, secundariamente, os terraços marinhos. Na margem da Lagoa Itapeva encontra-se uma caverna marinha (furna), entalhada no arenito Botucatu, evidenciando um nível de mar alto do último período interglacial.

Destaca-se na planície marinha o promontório de Torres, que corresponde a três torres, constituídas de rochas efusivas da Formação Serra Geral. Nas áreas correspondentes à planície lagunar, há ocorrência de banhados.

2.1.2.2.1.3 Região Geomorfológica Planície Costeira Interna

Esta região constitui uma área baixa, posicionada entre a Unidade Planície Marinha (externa) ao leste e os relevos planálticos à oeste, onde se alojam as lagoas costeiras. As terras baixas formam praias, dunas e restingas.

A denominação da região é definida devido sua localização espacial no domínio. Esta região abrange duas unidades geomorfológicas: Planície Lagunar e Planície Alúvio-Coluvionar.

2.1.2.2.1.4 Unidade Geomorfológica Planície Lagunar

Está localizada entre as Unidades Geomorfológicas Planície Marinha e Alúvio-Coluvionar, onde ocorrem as lagoas mais extensas lagoas país. A denominação de Planície Lagunar é relacionada ao tipo de deposição as formas associadas.

De forma geral caracteriza-se por ser uma área plana, homogênea, sem dissecação, com dominância dos modelados de acumulação, representada pelas planícies e terraços lacustres. Destaca-se também a presença de cordões lacustres localizados em alguns trechos das planícies lacustres. Consta-se que o processo de colmatagem é bastante acentuado na área das Lagoas Pinguela, do Palmital e das Malvas e acelerado na Lagoa de Itapeva.

2.1.2.2.1.5 Unidade Geomorfológica Planície Alúvio-Coluvionar

Está posicionada entre a Unidade Geomorfológica Planície Lagunar e o relevo da Região Geomorfológica Planalto das Araucárias. A localização espacial possibilita enquadrá-la, do ponto de vista de origem de deposição, como área de transição de influência continental e marinha.

2.1.2.2.2 Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares

Este Domínio, na área de estudo, constitui-se basicamente pela Região Geomorfológica Planalto das Araucárias.

2.1.2.2.1 Região Geomorfológica Planalto das Araucárias

Esta região é a mais oriental do domínio, limita-se a leste com a Planície Costeira Interna e a oeste com o Planalto das Missões e o Planalto da Campanha. O contato com a Planície Costeira Interna ocorre através de um escarpamento abrupto, por vezes atingindo até 1.000m de desnível.

As características geomorfológicas da região são bastante heterogêneas, variando desde formas mais abruptas, formas de relevo amplas e aplanadas até o nível mais profundo de entalhamento.

2.1.2.3 Compartimentação climática

Segundo Nimer (1989) e Vieira e Rangel (1988), os fatores dinâmicos e estáticos do clima na área da Planície Costeira Norte interagem compondo condições particulares, expressas na variação térmico-pluviométrica. Os três principais fatores estáticos são latitude, geomorfologia e maritimidade. Os fatores dinâmicos que impõem considerável energia ao sistema climático são: campo energético oceânico, anticiclone atlântico e correntes marinhas.

De forma geral, as latitudes crescentes compõem um quadro de temperaturas decrescentes, tendo como função a inclinação dos raios solares. O paralelo de 30° de latitude sul passa pelo município de Osório, servindo como um indicativo de manifestações climáticas pela posição geográfica.

A geomorfologia da planície litorânea, caracterizada por modelados arenosos de grandes depósitos clásticos continentais-marinhos e por dunas que constituem o elemento de desnível nas baixas cotas altimétricas das restingas costeiras, repercute na manifestação climática da área. A influência dos fatores dinâmicos de natureza oceânica e eólica ocorre sem grandes condicionamentos morfo-estruturais. A exceção se faz no setor norte, devido a presença do Planalto da Serra Geral. A escarpa do planalto que, em certos locais, atinge quase 1000 m de altura, atua como um elemento estático de considerável importância no controle de alguns parâmetros climáticos como, por exemplo, na condensação das massas úmidas provenientes do oceano e sua conseqüente precipitação. Devido à ação deste fator, a taxa de precipitação tende a ser maior na parte norte da planície costeira (HASENACK &

FERRARO, 1989). A presença desta escarpa afeta também o regime de ventos da região, modificando o padrão de circulação proveniente tanto do mar quanto do continente.

A maritimidade é um fator condicionante de alta energia. A planície costeira está sob a influência do campo energético atlântico na porção leste e dos grandes corpos de água barrados a oeste. A condição climática-ambiental está sujeito a forte interação com os centros de ação atmosférica, em virtude da localização e variabilidade geomorfológica e do intenso dinamismo na região.

O campo energético oceânico é um fator importante por desencadear fluxos de energia sob a influência da radiação solar e das interações das correntes marinhas. Tais fluxos definem os valores predominantes de umidade, do controle térmico e dos ventos do quadrante leste. Os fatores derivados da insolação sobre o oceano são: evaporação, irradiação, condensação e formação de nuvens.

O anticiclone do Atlântico Sul (Santa Helena) é um centro de alta pressão, semifixo, situado sobre o oceano Atlântico, entre as latitudes 18^o e 35^o Sul, próximo à planície costeira. Em decorrência, há formação de uma massa de ar marítima, de temperatura elevada, devido à intensa radiação solar e ao alto grau de umidade, causado pela evaporação marítima. O seu predomínio na área de estudo implica, normalmente, em condições de estabilidade do tempo com ocorrência de dias ensolarados. O Anticiclone Móvel Polar, posicionado ao sul da Argentina, é alimentado por massas frias provenientes da Antártica e que se deslocam no sentido SW-NE, em direção ao território sul-brasileiro. O deslocamento destas frentes frias implica no aparecimento de uma zona depressionária (descontinuidade frontal) na região situada entre os dois centros de alta pressão, para a qual convergem os ventos provenientes desses centros. Tais ventos convergentes ou ciclônicos, frequentemente são acompanhados da instabilidade do tempo e precipitação pluviométrica (NIMER, 1989).

O comportamento dinâmico das massas de ar provenientes destes dois Anticiclones modifica-se ao longo das estações do ano. Durante os meses de primavera-verão, em função de uma maior insolação no Hemisfério Sul, o Anticiclone do Atlântico se fortalece, deslocando-se para posições mais meridionais. O Anticiclone Móvel Polar, por sua vez, retrai-se e não apresenta o mesmo poder de penetração. Em consequência, durante estes meses, o tempo da planície costeira é, normalmente, quente e ventoso, com ventos provenientes principalmente de NE e E,

da borda do Anticiclone do Atlântico. Durante o outono-inverno, devido à menor insolação, o Anticiclone do Atlântico enfraquece e desloca-se para posições mais ao norte. O Anticiclone Móvel Polar passa então a penetrar com mais intensidade e o clima da área de estudo fica dominado pelas frentes frias que se deslocam do rumo SW-NE, muitas vezes com grande regularidade. Os sistemas de circulação atmosférica com influência sobre o Rio Grande do Sul são apresentados na Figura 4.

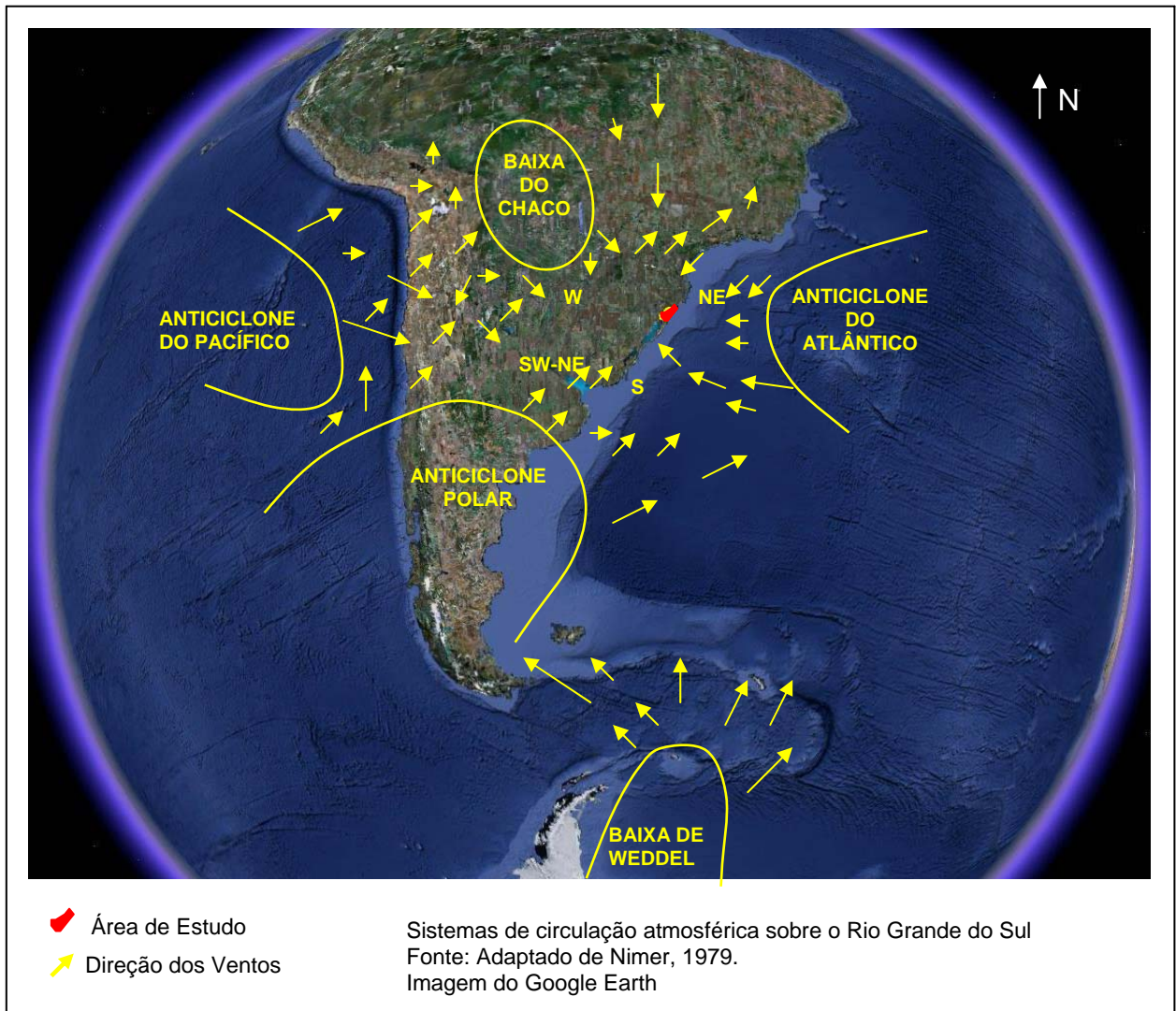


Figura 4: Sistemas de circulação atmosférica de influência sobre o Rio Grande do Sul
 Fonte: Adaptado de Nimer, 1979.

O quadro morfoclimático, definido a partir da maior influência dos fatores descritos e da moderada expressão morfo-estrutural, é caracterizado pelo clima mesotérmico brando, superúmido, sem estação seca definida. A temperatura média anual oscila entre 16^o a 20^o.

A corrente do Brasil desloca águas tropicais ao longo do litoral do Rio Grande do Sul, prolongando seus efeitos até 35^o de latitude sul. Em sentido contrário, se movimenta a corrente fria das Malvinas, em direção norte. Os fluxos energéticos dessas duas correntes geram um centro de tepidez térmica importante no controle das temperaturas e pluviosidade da região.

O regime de chuvas é considerado moderado chuvoso, regular e bem distribuídas ao longo das quatro estações. As chuvas são superiores a 1.200 mm anuais, em consequência da influência oceânica com suas massas de ar marítimas. Os meses mais chuvosos são outubro, novembro e dezembro, enquanto maio e junho são os menos chuvosos.

A umidade relativa do ar é alta durante o ano inteiro, com média anual de 80%. A evaporação mensal é alta nos meses de dezembro e janeiro, e mais baixa em junho e julho.

Tomazelli (1990, 1993) analisou os dados de ventos registrados em três estações meteorológicas situadas nas cidades de Torres, Imbé e Rio Grande, no período de 1970 a 1982. A análise dos dados mostrou, nas três estações, que o vento mais freqüente provinha da direção nordeste. O diagrama das freqüências percentuais das direções dos ventos nas estações de Torres e Imbé é apresentado na Figura 5. A variação direcional dos ventos foi atribuída aos efeitos topográficos, como a baixa freqüência de ventos oeste na estação de Torres devido a sua posição protegida pelo planalto da Serra Geral. O mesmo autor conclui que os ventos na planície costeira estão divididos de duas maneiras, na primavera e verão há uma predominância de ventos de direção nordeste, oriundos do Anticiclone Atlântico. No outono e inverno, quando penetram na região os ventos oriundos do Anticiclone Móvel Polar, há a predominância de ventos do oeste e sudoeste.

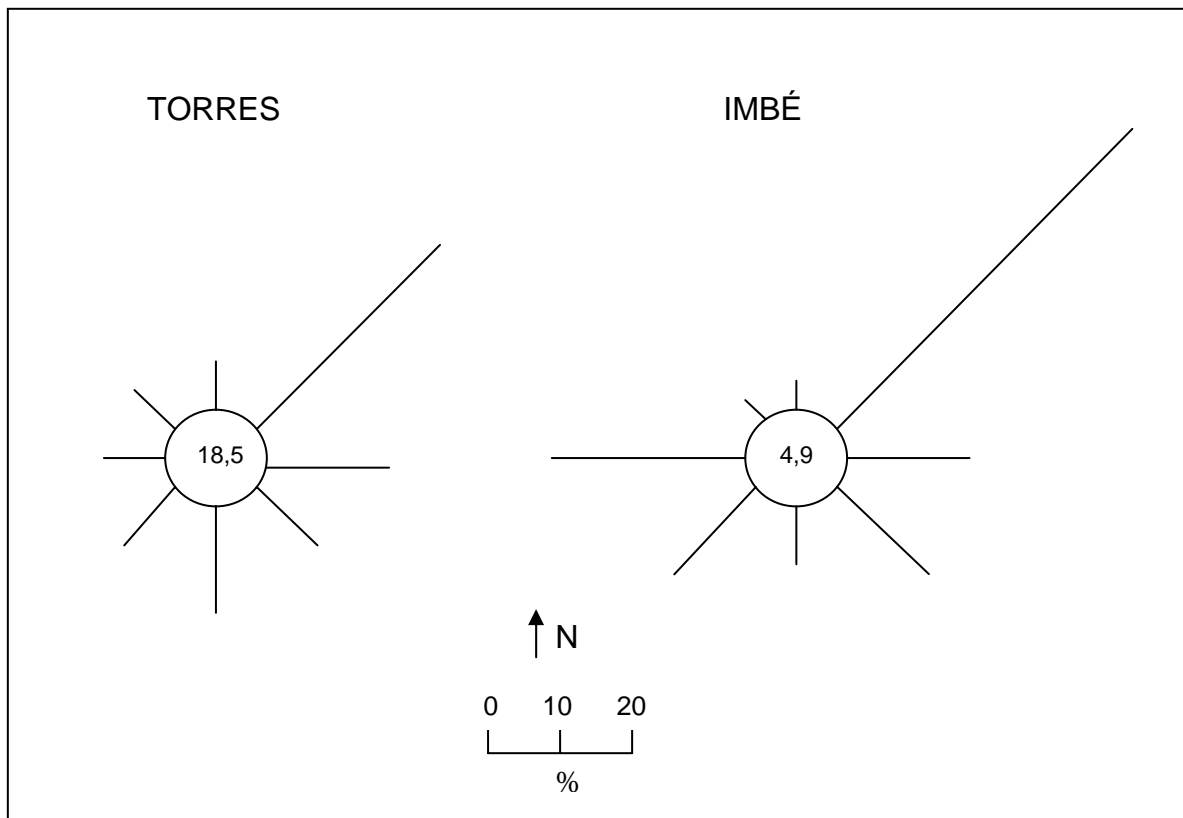


Figura 5: Diagrama das freqüências percentuais das direções de proveniência dos ventos nas estações meteorológicas de Torres e Imbé.

Fonte: Adaptado de Tomazelli, 1993.

2.1.2.4 Compartimentação hidrológica

Os rios que compõem o setor nordeste do Rio Grande do Sul são geologicamente de idade Cenozóica (Terciário Superior/Quaternário). Esses rios possuem perfis longitudinais com declive acentuado tendo, em seu curso superior, leitos acidentados com vales suspensos e cascatas tipo "véus de noiva". Na baixada litorânea, passam a leitos quase planos, divagando e formando meandros sobre amplas faixas de deposição fluvial, que se confundem com a área das planícies marinha e lacustre. No sopé da serra, têm em seu leitos grande concentração de blocos e seixos resultante da retirada dos finos depósitos heterométricos de talude, sobre os quais escoam. A formação destes rios possivelmente ocorreu sob condições climáticas agressivas, vigentes durante o Pleistoceno, visto que o mecanismo de formação destes depósitos é pouco ativo sob as atuais condições climáticas.

Ao norte de Osório até a fronteira com o Estado de Santa Catarina os rios são de pequeno porte, a exemplo das bacias dos rios Mampituba, Três Forquilhas e Maquiné.

A bacia hidrográfica do Rio Mampituba situa-se entre as coordenadas geográficas 29°11' a 29°26' de latitude Sul e 49°42' a 50°12' de longitude Oeste. Trata-se de uma bacia compartilhada com Santa Catarina, abrangendo a área no extremo sul deste Estado. O território da bacia está compreendido entre as Províncias Geomorfológicas do Planalto Meridional e da Planície Costeira. No Rio Grande do Sul, ocupa área de 698,65 Km² e a população é estimada em 28.314 habitantes, abrangendo os municípios gaúchos de Três Cachoeiras, Cambará do Sul, São Francisco de Paula, Morrinhos do Sul, Dom Pedro de Alcântara, Torres e Mampituba (SEMA, 2007).

Os principais cursos de água são os arroios Paraíso e Josafaz e os rios Pavão, Mengue e Mampituba. A vazão média nas proximidades da foz é de 19,57 m³/s (1.222 mm/ano) e precipitação média anual é de 1.502 mm. O talvegue principal apresenta extensão de 8,5 km, desde suas cabeceiras até a confluência com o Rio Mampituba, possuindo declividade média de 0,7%.

O Rio Mampituba nasce na Serra Geral (seu afluente da margem esquerda é o Rio Pavão, que escoar pelo Itaimbezinho) e desemboca no Atlântico, junto a Torres, após percorrer 62km, apresentando uma brusca mudança de condições em seu regime de drenagem (SOARES, 1995). Os cursos superior e médio estão subordinados ao controle tectono-estrutural da escarpa leste do Planalto Meridional. Em sua fase final, está inserido em terrenos sedimentares do Quaternário, é caracterizado por um sistema fluvial meandrante por um regime de baixa energia, inserido nas planícies aluvionares da Planície Costeira, drenando áreas associadas aos terraços lagunares dos Sistemas de barreira Laguna III e IV. Na área de abrangência da bacia na porção gaúcha, duas importantes lagoas deságuam nele, através do rio do Forno: a Lagoa do Morro do Forno e a Lagoa do Jacaré.

A Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí localiza-se nas Províncias geomorfológicas Planalto Meridional e Planície Costeira, entre as coordenadas geográficas de 29°17' a 30°18' de latitude Sul e 49°44' a 50°24' de longitude Oeste. Abrange o total de 17 municípios, desde Torres, ao norte, até Palmares do Sul, incluindo os municípios da encosta da Serra Geral. A bacia hidrográfica possui área de aproximadamente 2.500 Km², com área alagada de 500 Km². Como

característica principal, apresenta uma seqüência de lagoas paralelas à linha de costa, interligadas entre si, através de canais e rios naturais e, em alguns casos, por intermédio de canais artificiais. Entre as lagoas aparecem áreas de banhado, que contribuem para a sua manutenção e, também, há ocorrência de pequenas lagoas isoladas. Estes corpos hídricos estão limitados ao sul pela lagoa da Cerquinha e, ao norte, pela Lagoa da Itapeva. Na escarpa da Serra Geral nascem os principais tributários: rios Cardoso, Três Forquilhas e Maquiné.

No trecho baixo destas sub-bacias, a preparação do solo para o plantio freqüentemente provoca assoreamento dos rios. Nestas áreas, agricultores plantam hortaliças e utilizam água para a irrigação. As lagoas são utilizadas como manancial para abastecimento público, abastecimento de indústrias, irrigação de arroz, criação animal, pesca, lazer e turismo. Estes usos nobres da água fomentam as atividades socioeconômicas da bacia mas, por outro lado, a água das lagoas recebe esgoto doméstico, comprometendo sua qualidade.

Ainda, na região de estudo, ao sudoeste, encontra-se o curso superior do Rio dos Sinos, abrangendo os municípios de Caraá, Osório e Santo Antônio da Patrulha. As nascentes estão localizadas na Serra Geral, no município de Caraá, em altitudes superiores a 600m, com percurso de cerca de 190km, correndo no sentido leste-oeste até a cidade de São Leopoldo, onde muda para a direção norte-sul, desembocando no delta do rio Jacuí, no município de Canoas. O trecho superior tem cerca de 25 km e desenvolve-se, aproximadamente, entre a cota 600m até a cota 60m, em alta declividade. Este setor é encachoeirado e predominam as atividades agrícolas desenvolvidas em pequenas propriedades (BRETANHA, 2007). A precipitação pluviométrica anual é cerca de 1.350mm, com escoamento regular para jusante.

A cobertura vegetal na área está bastante reduzida, no entanto, os remanescentes localizam-se, predominantemente, nas nascentes do rio dos Sinos e seus formadores. No trecho localizado em Santo Antônio da Patrulha, apresenta vegetação ciliar e pequenos banhados. São áreas de baixa densidade populacional, com pequenas propriedades rurais cuja agricultura é diversificada, com culturas de arroz, cana-de-açúcar e hortaliças diversas. A pecuária é pouco desenvolvida, com pequenas criações de gado leiteiro, suínos e aves. Em Osório, parte da região originalmente coberta por vegetação florestal, atualmente possui agricultura de subsistência (grãos e hortifrutigranjeiros), em pequenas propriedades (LEITE, 2003).

As lagoas localizadas na região foram colmatadas e interiorizadas pelos efeitos do processo de sedimentação lagunar e marinha. Muito próximas à atual linha de praia atlântica, a maior parte desses ambientes lacustres ficou isolada do oceano no Holoceno atual.

As lagoas de Itapeva, Quadros e Barros estão vinculadas a estruturas geológicas diferenciadas: basalto, arenito Botucatu e sedimentação marinha. A Lagoa Itapeva, com área de 110 km², encontra-se no limite norte da planície costeira, alongada no sentido dos meridianos. Sua formação deu-se pelo desenvolvimento de uma barreira entre um antigo promontório arenito-basáltico, em Torres, e um pontal da Formação Chuí que a separou da Lagoa dos Quadros, estendendo-se até a barra da Laguna de Tramandaí. A Lagoa dos Quadros, com área de 120 km², interliga-se com um sistema de lagoas que, por sua vez, comunica-se pelo canal Tramandaí, com a laguna de mesmo nome e esta com oceano Atlântico, através de um canal de acesso conhecido como barra do Tramandaí. Essa pequena embocadura, com cerca de 1.000m de comprimento e 100m de largura, permite a mixohalinização do ambiente lacustre interligado.

A Laguna de Tramandaí possui área aproximada de 12 km² e profundidade média de 1m (SCHWARZBOLD & SCHAFER, 1984), recebe o aporte de água e de sedimentos finos (silte e argila), proveniente de rios e lagos localizados ao norte do sistema, através do rio Tramandaí (TOMAZELLI, 1990). Segundo Tabajara & Dillenburg (1997), os sedimentos finos, trazidos pelos rios que drenam a Serra Geral, têm seu fluxo direcionado para sul por um conjunto interligado de lagoas costeiras; e ingressam no oceano Atlântico por meio da Laguna de Tramandaí. Entretanto, os dados disponíveis indicam que a maior parte da carga de sedimentos finos é retida nas lagoas (DILLENBURG, 1994).

A Lagoa dos Barros, com área de 100 km², é mais interiorizada, situada nos limites do planalto arenito-basáltico e cercada por terrenos da Formação Chuí.

As duas maiores lagoas da Planície Costeira Norte do Estado são alimentados por rios que descem do planalto, onde os índices pluviométricos são elevados. A Lagoa Itapeva recebe os rios da Terra e Três Forquilhas, enquanto que a Lagoa dos Quadros recebe o rio Maquiné. Ambas as lagoas são interligadas por um canal, resultando do estreitamento aluvionar da área de um antigo corpo lagunar único. As profundidades maiores das Lagoas Itapeva (4m), dos Quadros (5m) e dos Barros

(10m) estão próximas às estruturas geológicas mais antigas (SCHWARZBOLD & SCHAFER, *op cit*).

Entre o mar e as lagoas há campos de dunas que, além de funcionarem como primeira barreira aos ventos e tempestades oceânicas, atuam como contenção da salinização da água subterrânea e, por este motivo, não é aconselhável a sua remoção.

A ligação do complexo sistema de lagoas com o mar origina o estuário do Rio Tramandaí, onde a interferência oceânica faz com que a água seja naturalmente salobra (salinidade entre 0,05 a 3%). Esta salinidade pode avançar para o interior das lagoas devido a conjugação de fatores como o vento sul, estiagem e retirada excessiva de água dos corpos hídricos da Bacia do Rio Tramandaí (SEMA, 2005).

O ambiente natural das bacias tem sido considerado nas políticas de proteção ambiental. Esta situação é evidenciada na presença de oito Unidades de Conservação, bem como na demarcação da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Além destas, são áreas legalmente protegidas, duas reservas indígenas, Varzinha e Barra do Ouro (Guaranis), e um remanescente de quilombo com limites nos municípios de Osório e Maquiné (SEMA, 2005).

A Figura 6 apresenta a rede hidrográfica da região.

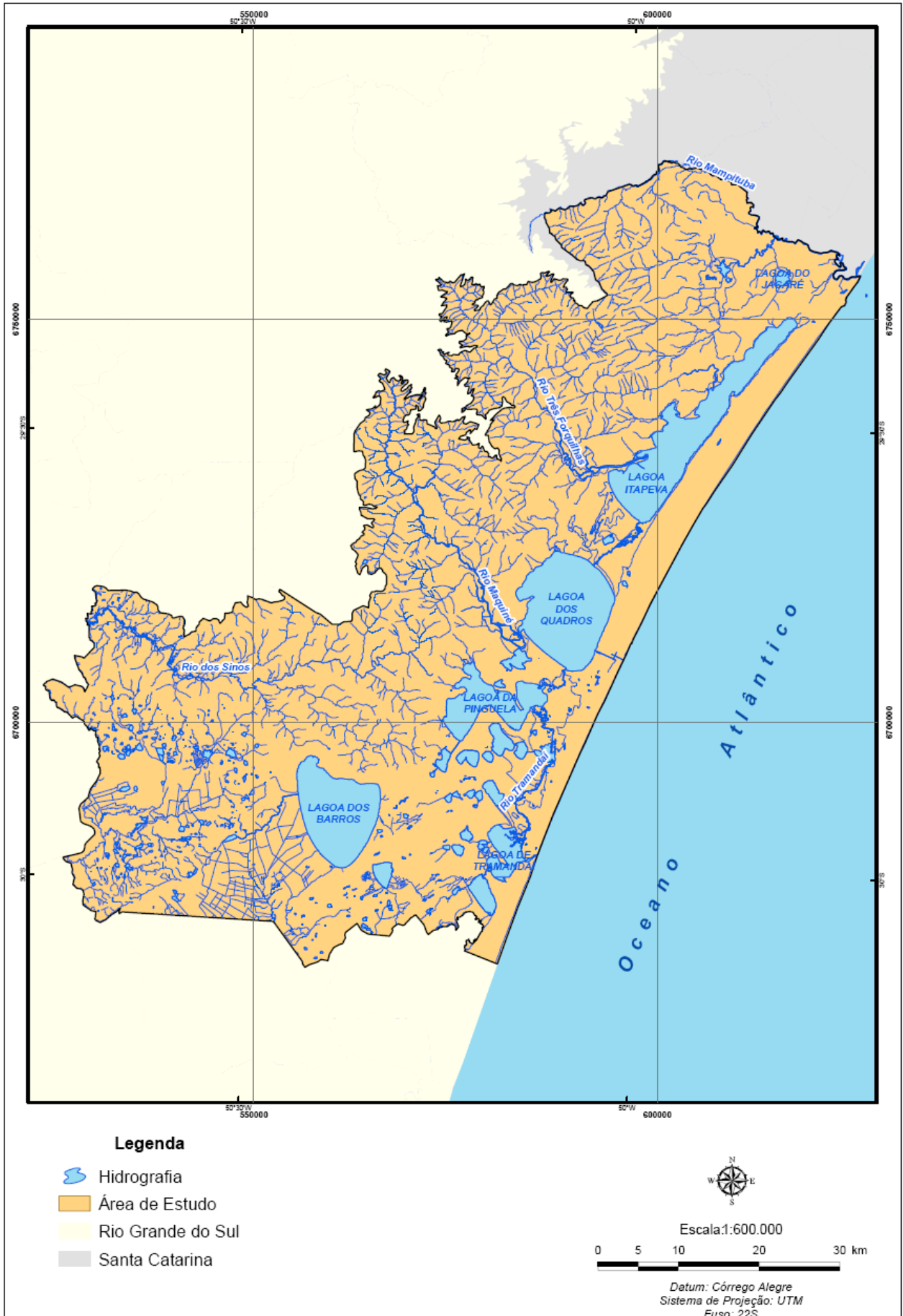


Figura 6: Hidrografia da área de estudo

2.1.2.5 Compartimentação edafológica

A região de estudo apresenta grande variedade de tipos de solos como consequência da complexidade da formação geológica e da ação climática existente. Os solos encontrados classificam-se em: argissolo, cambissolo, chernossolo, gleissolo, neossolo, planossolo e plintossolo (SCHNEIDER, 1977; SEPLAG, 2005; STRECK *et al*, 2002).

Os argissolos ocorrem em relevos suaves e ondulados, possuem um horizonte subsuperficial argiloso e, geralmente, profundos e bem drenados. Podem apresentar limitações químicas devido à baixa fertilidade natural, forte acidez e alta saturação por alumínio, sendo também de alta suscetibilidade à erosão e degradação. A aptidão está relacionada com culturas anuais e campo nativo, preferencialmente com plantio direto e em rotação de culturas, com plantas protetoras e recuperadoras do solo durante o inverno.

Os cambissolos são rasos a profundos, em processo de transformação e, em geral, ocorrem em áreas de maior altitude com baixas temperaturas. Os usos indicados para esta categoria são pastagens nativas, fruticultura e silvicultura. A forte acidez e baixa disponibilidade de nutrientes requerem práticas intensivas de conservação e aplicação de elevados níveis de corretivos e fertilizantes.

Os chernossolos variam de rasos a profundos, bem drenados e escuros no horizonte A, devido à presença de material orgânico. Possuem alta fertilidade química, podendo ser aproveitados com maior intensidade, de acordo com as formas de relevo associadas. Nas várzeas dos rios apresentam maior potencial para culturas anuais, especialmente com arroz irrigado. Nos locais mais planos, os usos indicados são fruticultura, silvicultura e culturas anuais.

Os gleissolos apresentam pouca profundidade, são mal drenados, de cor acinzentada ou preta e ocorrem em depressões com baixa declividade. A capacidade de uso é associada ao cultivo do arroz irrigado e, quando drenados, à culturas anuais como milho, soja, feijão e pastagens.

Os neossolos são pouco desenvolvidos e normalmente rasos, de formação muito recente, com sedimentos inconsolidados arenosos, sílticos e argilosos, baixa concentração de matéria orgânica, encontrados nas mais diversas condições de relevo e drenagem. O uso está restrito ao relevo e a baixa profundidade, exigindo práticas conservacionistas severas. Em geral, as áreas de relevo suave ondulado e

ondulado podem ser utilizadas para pastagens permanentes e, nas regiões de relevo forte ondulado, para reflorestamento e fruticultura. As áreas muito íngremes devem ser reservadas para preservação permanente. O manejo deve ser realizado com extremo cuidado para evitar processos erosivos. A fruticultura e silvicultura são consideradas usos adequados, devendo-se evitar as culturas anuais.

Os Planossolos são localizados em áreas de relevo suave, ondulados ou planos e mal drenados, sendo aptos para o cultivo de arroz irrigado e, com sistemas de drenagens eficientes, também podem ser cultivados com milho, soja e pastagens.

Os Plintossolos ocorrem em relevo plano ou pouco ondulado, com drenagem imperfeita e, por isso, apresentam limitações para cultivos perenes. Em períodos chuvosos ocorre elevação do lençol freático, saturando o solo e impedindo seu uso com cultivos anuais e pastagens cultivadas.

Na Figura 7 observamos a distribuição das classes de solo na área de estudo.

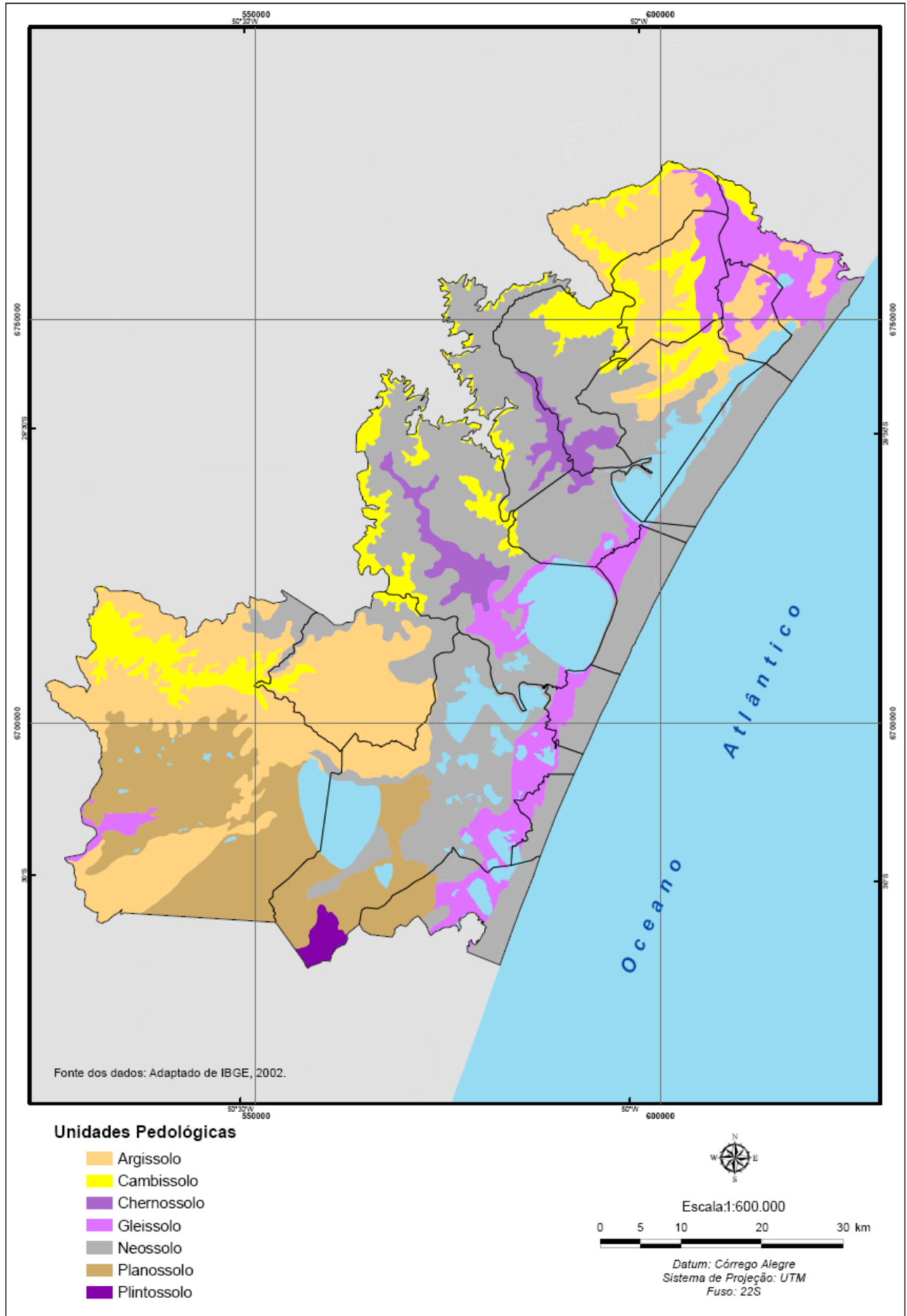


Figura 7: Mapa de solos da área de estudo.

2.2 Caracterização Antrópica da Área de Estudo

2.2.1 Demografia

A população total da região é de 263.962 habitantes (FEE, 2006), cuja distribuição por município pode ser visualizada na Figura 8.

Na última década, a região do Litoral Norte apresenta taxa média de crescimento demográfico anual de 2,81%. Este indicador é significativo, se comparado às taxas anuais do Estado (1,23%) e do Brasil (1,63%). Alguns municípios inseridos na área de estudo estão entre os 10 que apresentaram as maiores taxas de crescimento no Estado: Arroio do Sal, Capão da Canoa, Imbé, Torres e Xangri-lá (INSTITUTO DO MILÊNIO, 2007). Por outro lado, os municípios de Capão da Canoa, Imbé, Torres, Tramandaí e Xangri-lá, situados entre a orla marítima e as lagoas costeiras, apresentam as maiores taxas de densidade demográfica.

Uma síntese dos dados relacionados à população total e à situação de domicílio, com relação à região, é apresentada no Quadro 1.

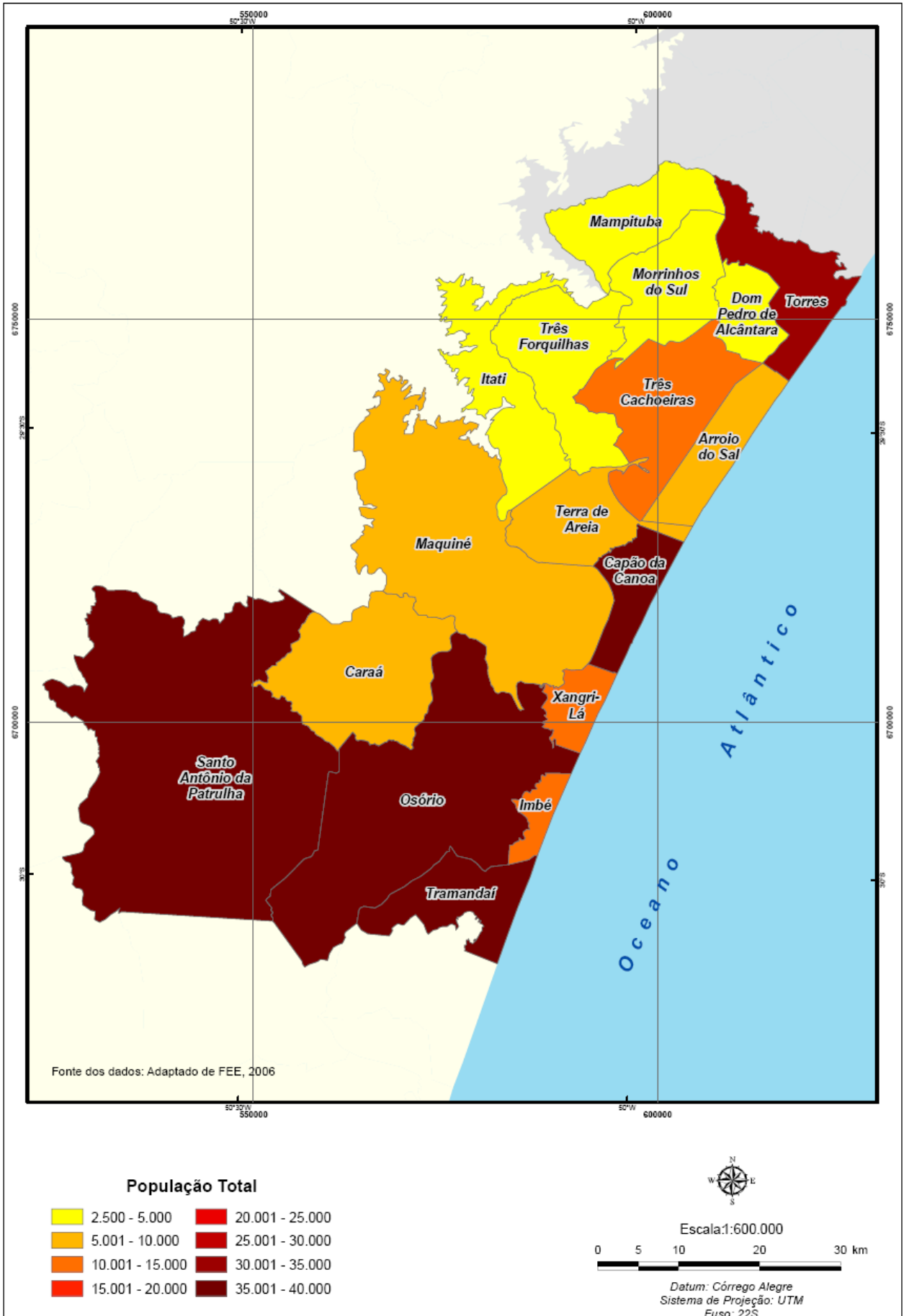


Figura 8: Distribuição da população total por município

Município	População Total	População Rural	População Urbana
Arroio do Sal	6.442	233	6.209
Capão da Canoa	36.399	198	36.201
Caraá	7.019	6.154	865
Dom Pedro de Alcântara	2.698	1.955	743
Imbé	14.549	92	14.457
Itati	2.701	2.400	301
Mampituba	2.955	2.528	427
Maquiné	7.363	5.198	2.165
Morrinhos do Sul	3.293	2.028	1.265
Osório	38.868	5.479	33.389
Santo Antônio da Patrulha	37.806	11.271	26.085
Terra de Areia	9.529	4.389	5.140
Torres	32.181	3.322	28.859
Tramandaí	38.529	1.083	37.446
Três Cachoeiras	10.272	3.609	6.663
Três Forquilhas	3.105	2.835	270
Xangri-lá	10.253	158	10.095
Total da área de estudo	263.962	52.932	210.580

Quadro 1: Estimativa da população, por município e situação de domicílio (2006)

Fonte: FEE, 2006

As análises realizadas sobre os dados obtidos dos municípios que compreendem a região de estudo demonstram que a população está distribuída de forma a ocupar 19% a zona rural e 81% a zona urbana. A Figura 9 apresenta a distribuição da população por situação de domicílio.

De acordo com Strohaecker & Toldo Jr (2007), os municípios que apresentam maior grau de urbanização e maiores taxas de crescimento demográfico estão, em sua maioria, localizados junto à orla marítima, enquanto os demais conformam as áreas do setor lacustre e encosta do planalto, onde predominam populações vinculadas às atividades econômicas do setor primário. Tomando-se por base o estudo realizado por Strohaecker *et al* (2006), pode-se afirmar que os municípios da região de estudo podem ser divididos em urbanos permanentes, urbanos com população sazonal (segunda residência), agroindustriais e rurais. O enquadramento nestas categorias definidas pela autora citada pode ser visualizado na Figura 10.

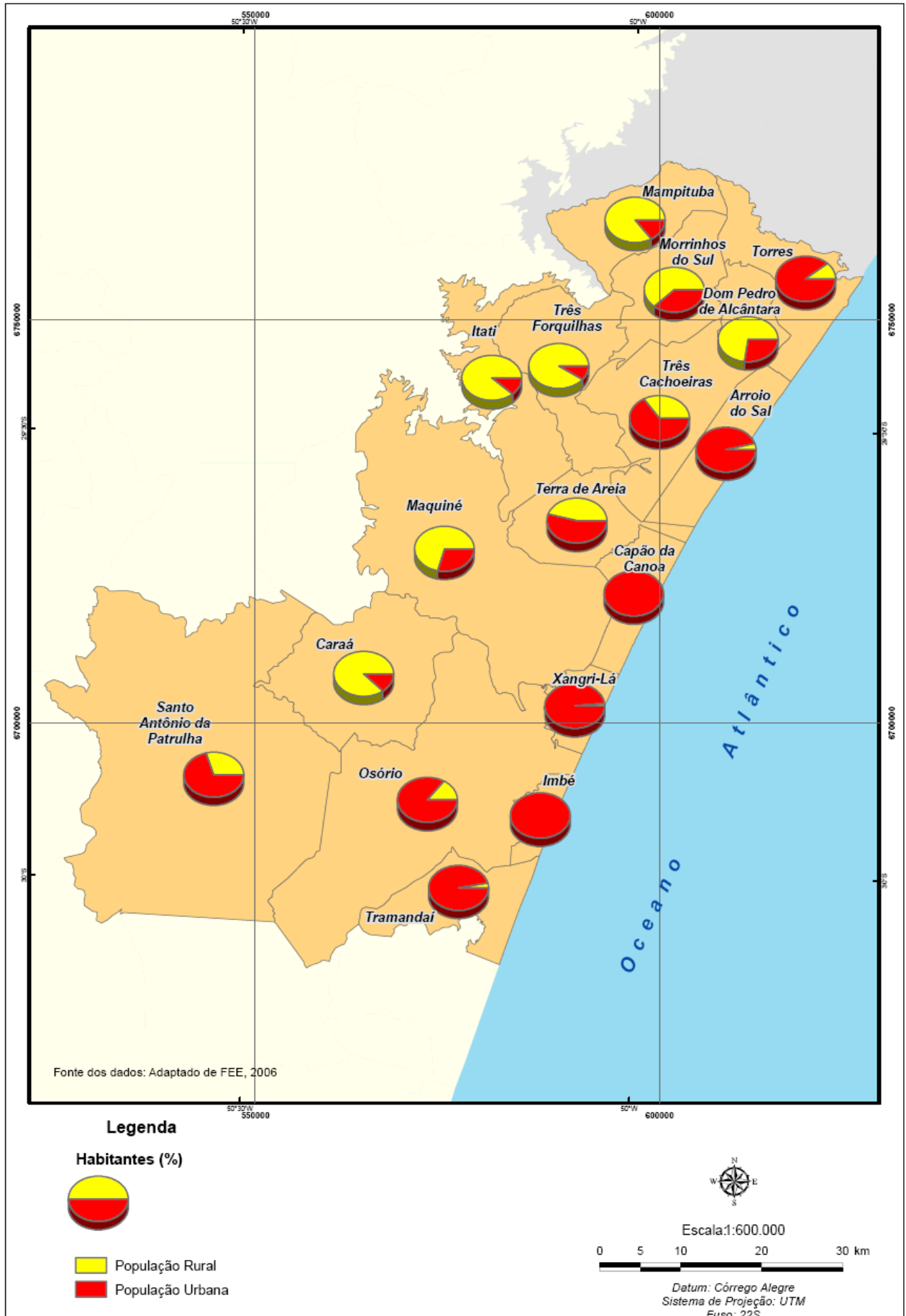


Figura 9: Distribuição da população urbana e rural por município



Figura 10: Caracterização do perfil dos municípios segundo Strohaecker (2006).

Segundo Strohaecker (2007), cerca de 40% da população não é natural da região. As emancipações ocorridas nos últimos 20 anos ampliaram os fluxos migratórios para as cidades litorâneas. A região do Litoral Norte apresentou, nas últimas cinco décadas, transformações relevantes em sua dinâmica territorial determinadas, principalmente, pelos seguintes vetores: a urbanização, a concentração de investimentos públicos e privados, os processos emancipatórios e o turismo sazonal.

Os municípios de perfil urbano apresentam as maiores taxas de crescimento demográfico, devido, principalmente, aos movimentos migratórios para a região. Assim, a dinâmica da população está associada à flutuação sazonal entre os meses de inverno e verão, a exemplo do município de Xangri-lá, com 10.500 habitantes na baixa temporada e, nos meses de janeiro e fevereiro, atinge cerca de 100.000 pessoas.

O aumento da população permanente tornou a região foco de investimentos de serviços de pequeno e médio porte não especializado, principalmente nos municípios de Capão da Canoa, Osório, Torres e Tramandaí. A urbanização concentrada apresenta efeitos negativos como a concorrência acirrada pelo trabalho, a degradação ambiental, a valorização intensiva do solo urbano, a carência de identidade territorial com a afluência crescente de contingentes migratórios, a desigualdade de renda, a violência urbana, a segregação sócio-espacial, entre outros. Por outro lado, os municípios em que predominam atividades rurais e de agroindústria, localizados nas áreas do setor lacustre e encosta do planalto, apresentam perda populacional nas faixas etárias jovens. Este fato é atribuído à carência de infra-estrutura, de acessibilidade, de serviços públicos, de investimentos privados, de oportunidades diversificadas de trabalho (Strohaecker & Toldo Jr, 2007).

2.2.2 Uso do solo

Strohaecker & Toldo Jr. (2007) e Strohaecker (2007) analisam o uso e ocupação do litoral norte do Rio Grande do Sul, bem como as potencialidades e tendências de desenvolvimento da região. De acordo com os dados produzidos pelos autores citados, nos últimos anos, grandes empresas de caráter regional têm

se estabelecido em Capão da Canoa, Osório, Torres e Tramandaí, além de se destacarem investimentos de grande vulto como a implantação de parques eólicos. Nos municípios de população urbana permanente, como Capão da Canoa, Torres e Tramandaí, há investimento significativo no setor imobiliário, favorecendo os setores de serviços gerais, redes de supermercados, lojas, saúde e ensino. Além disso, empreendimentos imobiliários de grande porte vêm sendo implantados na região, configurando loteamentos e condomínios horizontais, direcionados para um mercado de média e alta renda, para fins de lazer e recreação durante todo o ano.

As melhorias recentes nos acessos às sedes urbanas dos municípios rurais projetam um quadro de crescimento econômico e maior pressão antrópica, a médio e longo prazo, principalmente em Maquiné, Terra de Areia, Itati, Três Cachoeiras, Três Forquilhas e Dom Pedro de Alcântara.

Por um lado, os municípios urbanos permanentes e os urbanos para fins de segunda residência apresentam maior crescimento populacional e diversificação econômica, impulsionando a implantação de novos investimentos e, conseqüentemente, a valorização do solo em curto e médio prazo. Os aspectos positivos associados são o incremento em alguns setores da economia (indústrias da construção civil, comércio e serviços especializados, instituições de ensino e de saúde) possibilitando a ampliação dos trabalhadores nos setores formal e informal; melhoria relativa na oferta de serviços públicos e ampliação nas opções culturais, de lazer e turismo. Por outro lado, os municípios urbanos agroindustriais e os rurais, localizados nas áreas do setor lacustre e encosta do planalto, possuem baixa diversificação econômica e crescimento demográfico reduzido.

Ainda, segundo os autores referidos, os municípios em que predominam atividades ligadas ao meio rural e à agroindústria apresentam aspectos positivos como a menor desigualdade de renda da população, amplas áreas preservadas e de amenidades naturais. Entretanto, são carentes de infra-estrutura, de acessibilidade, de serviços públicos, de investimentos privados, de oportunidades diversificadas de trabalho e, conseqüentemente, apresentam perda populacional nas faixas etárias jovens. Os municípios rurais possuem vinculação significativa com as áreas urbanizadas devido, principalmente, ao fluxo do agronegócio. Em função disso, gradualmente, o limite entre os perímetros urbano e rural torna-se menos perceptível.

Os municípios de Terra de Areia, Três Cachoeiras, Maquiné, Caraá, Morrinhos do Sul, Três Forquilhas, Mampituba, Dom Pedro de Alcântara e Itati, localizados na área de escarpa do Planalto, apresentam características predominantemente rurais, como estrutura fundiária baseada na pequena propriedade, com economia direcionada para o setor primário e, recentemente, para o ecoturismo. Os municípios localizados no litoral têm ocupação urbana mais homogênea, caracterizados pelas atividades relacionadas ao turismo, intensificado nos meses de janeiro e fevereiro.

De forma geral, a estrutura fundiária é baseada na pequena propriedade. As culturas temporárias desenvolvidas na região são: abacaxi, alho, amendoim, arroz, batata doce, batata inglesa, cana-de-açúcar, cebola, feijão, fumo, mandioca, melancia, melão, milho e tomate. As culturas permanentes são abacate, banana, figo, laranja, limão, mamão, pêsego, tangerina e uva. A extração vegetal de silvicultura é desenvolvida na forma de lenha, madeira em tora e, em menor quantidade, resina. O Quadro 2 apresenta a quantidade produzida das culturas temporárias e permanente mais significativas no contexto regional, e o Quadro 3, as informações referentes aos produtos da silvicultura.

De acordo com o Macrozoneamento Ambiental do Estado¹, no litoral há maior concentração urbana e florestamento e, no interior, desenvolvem-se, em pequenas propriedades, as atividades agropecuárias, principalmente cultivo de arroz, abacaxi, fumo, hortigranjeiros. Nas encostas do planalto, as propriedades rurais dedicam-se ao plantio de bananeiras e cultivos de subsistência.

Em Tramandaí há pequenas indústrias privadas, micro-empresas no setor de esquadrias, vidraçarias, móveis e confecções. No meio rural, há produção de arroz, hortaliças, frutas, mel, pequenos rebanhos de gado ovino e bovino e grama de jardim. Destacam-se também as atividades relacionadas à silvicultura, com a segunda maior produção de madeira em tora da região.

Em Xangri-lá e Imbé as principais atividades econômicas são o turismo e a construção civil, em expansão no último decênio. No meio rural, o uso do solo predominante é a produção de arroz, que ocupa cerca de 40% da área de ambos os municípios.

¹ Elaborado pela SCP/DEPLAN – CEPERSM/UFRGS em julho de 2005.

Município	Lavoura Temporária (t)						Lavoura Permanente (t)
	Arroz (em casca)	Batata-doce	Batata-inglesa	Cana-de-açúcar	Mandioca	Milho (em grão)	Banana
Arroio do Sal	0	0	0	0	144	48	0
Capão da Canoa	2.250	10	0	0	1.140	108	0
Caraá	838	400	400	3.500	3.200	2.520	105
Dom Pedro de Alcântara	908	0	0	4.500	765	0	7.700
Imbé	600	0	0	0	16	0	0
Itati	13	48	0	5.000	4.500	360	1.050
Mampituba	5.294	0	48	7.800	3.640	612	18.700
Maquiné	2.100	90	0	1.520	1425	2.520	2.400
Morrinhos do Sul	9.416	24	0	5.200	2.160	192	22.770
Osório	26.281	45	0	3.000	1.275	630	700
Santo A. da Patrulha	87.884	92	0	12.000	20.000	6.000	700
Terra de Areia	1.256	48	35	2.800	450	120	4.270
Torres	19.600	30	0	0	1.300	255	2.338
Tramandaí	1.820	25	0	0	170	45	0
Três Cachoeiras	2.620	0	32	2.688	2.250	324	43.400
Três Forquilhas	67	23	0	3.000	1.500	476	3.150
Xangri-lá	1.285	0	0	0	95	16	0
Total da Região	162.232	835	515	51.008	44.030	14.226	107.283

Quadro 2: Quantidade produzida em toneladas de lavoura temporária e permanente na área de estudo.

Fonte: IBGE, 2006.

Municípios	Produtos da Silvicultura - Lenha	Produtos da Silvicultura - Madeira em tora
Arroio do Sal	600	1.500
Capão da Canoa	0	0
Caraá	3.600	1.400
Dom Pedro de Alcântara	250	370
Imbé	0	0
Itati	200	330
Mampituba	400	520
Maquiné	650	600
Morrinhos do Sul	1.600	1.200
Osório	2.000	3.200
Santo Antônio da Patrulha	1.800	1.500
Terra de Areia	350	400
Torres	50	60
Tramandaí	2.400	9.500
Três Cachoeiras	220	1.200
Três Forquilhas	360	420
Xangri-lá	0	0
Total da Região	14.480	22.200

Quadro 3: Produtos da silvicultura em m³ na área de estudo

Fonte: IBGE, 2006.

O principal uso do solo no município de Torres, assim como nos demais situados na orla marítima, é o turismo, representando cerca de 40% da receita total. Os diversos ambientes presentes, como as falésias do Parque das Guaritas, favorecem as práticas de turismo ecológico e de aventura. O comércio é essencialmente varejista, intensificado nos meses de veraneio. A indústria é pouco expressiva no contexto econômico, baseada na produção de móveis, esquadrias, construção civil e nas atividades de beneficiamento de produtos do meio rural, como cana, fumo, arroz e silvicultura. A agricultura é diversificada, com destaque para a produção do arroz, banana, mandioca, milho e outros produtos de subsistência. O uso dos recursos minerais se dá pela extração de areia, basalto, argila e arenito.

O município de Arroio do Sal está localizado inteiramente entre o Oceano Atlântico e a Lagoa de Itapeva, conferindo, desta forma, uma vocação para o turismo e a conseqüente sazonalidade da população. As atividades agropecuárias são inexpressivas no contexto econômico, apresentando apenas o cultivo de alguns produtos de subsistência, como mandioca e milho e a criação de pequenos rebanhos bovinos. No entanto, em 2006, o município lançou, em parceria com a EMATER, um projeto que expande sua vocação turística também para o meio rural, desenvolvido às margens da lagoa de Itapeva. O roteiro implementado visa à valorização do artesanato local, das tradições campeiras e a contemplação de ambientes da mata de restinga, dunas e campos nativos, ainda preservados.

Em Santo Antônio Patrulha a indústria de transformação tem participação bastante acentuada na economia local, sendo o município com o maior número de unidades (394). A indústria metal-mecânica, juntamente com o comércio atacadista e varejista, representa parcela significativa na economia municipal. A agropecuária destaca-se pela criação bovina. A orizicultura é cultivada nas várzeas, em escala extensiva e com alta tecnologia. Na região serrana, distribuída em minifúndios, desenvolvem-se outras culturas tais como o feijão, milho, fumo, cana-de-açúcar e mandioca. Nas regiões localizadas em áreas de planície lagunar, há atividades de orizicultura e florestamento, associadas às atividades industriais de beneficiamento desses cultivos.

No município de Osório merecem destaque os três parques eólicos instalados, com capacidade para gerar 50MW cada, configurando o maior Parque Eólico do Brasil.

O município de Caraá, de base agrícola, tem como produção principal a cana-de-açúcar típica da região, e a conseqüente fabricação artesanal do açúcar mascavo e da cachaça. Em lavouras de médio porte são produzidos milho, fumo, arroz e hortigranjeiros e, em minifúndios, há produção de subsistência e criação de suínos e gado bovino.

Em Três Cachoeiras, se notabiliza a plantação de banana nas encostas dos morros. Ainda, no meio rural, são cultivados hortigranjeiros, outras culturas como feijão, arroz e abacaxi, bem como a pecuária, com rebanho bovino, criação de frangos, suínos e ovinos. No comércio e prestação de serviços, as principais atividades estão relacionadas aos ramos de alimentação e material de construção. No setor industrial, a principal atividade é a fabricação de móveis e esquadrias.

O principal uso do solo desenvolvido em Maquiné é a agricultura, destacando-se a olericultura, as culturas de subsistência e os cultivos de arroz, concentrado nas proximidades da lagoa dos Quadros, e de banana, nas encostas dos morros. Na pecuária, há pequenos rebanhos de gado bovino, praticada de forma extensiva nas áreas planas ou em poteiros nas encostas dos morros, geralmente associada a produtos de subsistência ou atividades artesanais. Também há criação de suínos e aves. A extração mineral é representada pela retirada de basalto e rochas areníticas nas encostas e pela fabricação de tijolos, ao longo do Rio Maquiné. A extração vegetal é praticada por madeireiras e serrarias que utilizam *Eucalipto sp* e *Pinnus eliotis*, retiradas das florestas locais e do município de Cidreira. Atualmente, o turismo ecológico é uma atividade de considerável importância no município, realizado nas inúmeras cascatas do rio Maquiné e nas áreas de reserva de Mata Atlântica .

O Quadro 4 resume o número de unidades dos tipos de indústrias encontradas na região.

Município	Número de unidades locais			
	Agricultura/ pecuária/ silvicultura/ exploração florestal	Pesca	Indústrias extrativas	Indústrias de transformação
Arroio do Sal	0	0	1	40
Capão da Canoa	11	0	2	252
Caraá	1	0	4	35
Dom Pedro de Alcântara	1	0	1	14
Imbé	2	0	1	66
Itati	2	0	1	13
Mampituba	1	0	4	3
Maquiné	4	0	1	28
Morrinhos do Sul	1	0	1	17
Osório	15	0	18	238
Santo Antônio da Patrulha	19	0	54	394
Terra de Areia	4	0	8	74
Torres	6	0	6	234
Tramandaí	7	0	3	143
Três Cachoeiras	0	1	1	112
Três Forquilhas	0	0	0	10
Xangri-lá	1	0	1	95
Total	75	1	107	1.768

Quadro 4: Estrutura empresarial: número de unidades locais por atividade
Fonte: IBGE Cidades, 2006.

Entre os usos preponderantes dos recursos hídricos está a irrigação para o cultivo de arroz, seguida pelo turismo e pesca esportiva, especialmente nas bacias dos rios Tramandaí e Mampituba. As lagoas destacam-se pelos usos de suas águas para recreação, abastecimento público e irrigação.

Os principais problemas ambientais encontrados nos municípios com atividades agrícolas estão relacionados às práticas inadequadas e uso de agrotóxicos na região da Mata Atlântica. Naqueles que desenvolvem a orizicultura, há modificação da drenagem natural. Nos municípios litorâneos, os principais impactos são a drenagem dos banhados, destruição da cobertura vegetal das dunas, eliminação de dunas móveis, plantações extensivas de culturas florestais exóticas, disposição inadequada de resíduos sólidos e contaminação dos recursos hídricos por esgotos domésticos. (FUJIMOTO et al, 2006). O aterramento, drenagem e privatização de margens de lagoas e áreas de banhados, a poluição hídrica e conflitos entre disponibilidade e consumo de água são igualmente importantes.

Com vistas a reduzir os impactos ambientais ocasionados pelos processos demográficos, a FEPAM desenvolve um projeto para implantar a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica no Rio Grande do Sul, priorizando a conservação da biodiversidade, o desenvolvimento sustentável e o conhecimento científico. A área piloto abrange os municípios da área de estudo, além de outros, que representam características ambientais e culturais de grande importância para a Reserva da Biosfera, como os vales dos rios Maquiné e Três Forquilhas; as lagoas litorâneas que têm grande beleza paisagística; a presença das colonizações italiana, alemã e açoriana e as reservas indígenas guaranis.

Em 1992, o Governo do Estado do Rio Grande do Sul criou o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC), regulamentado em 1998. Desde então, o SEUC vem sendo implementado pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), por meio do Departamento de Florestas e Áreas Protegidas (DEFAP). Na área de estudo estão presentes 12 Unidades de Conservação (UC), enquadradas como unidades de proteção integral ou de manejo sustentável. As unidades de proteção integral têm por objetivo a preservação ambiental, sendo permitido apenas o uso indireto do ambiente, já as de manejo sustentável visam promover e assegurar o uso sustentável do ambiente. As UCs existentes na área de estudo são apresentadas na Figura 11.

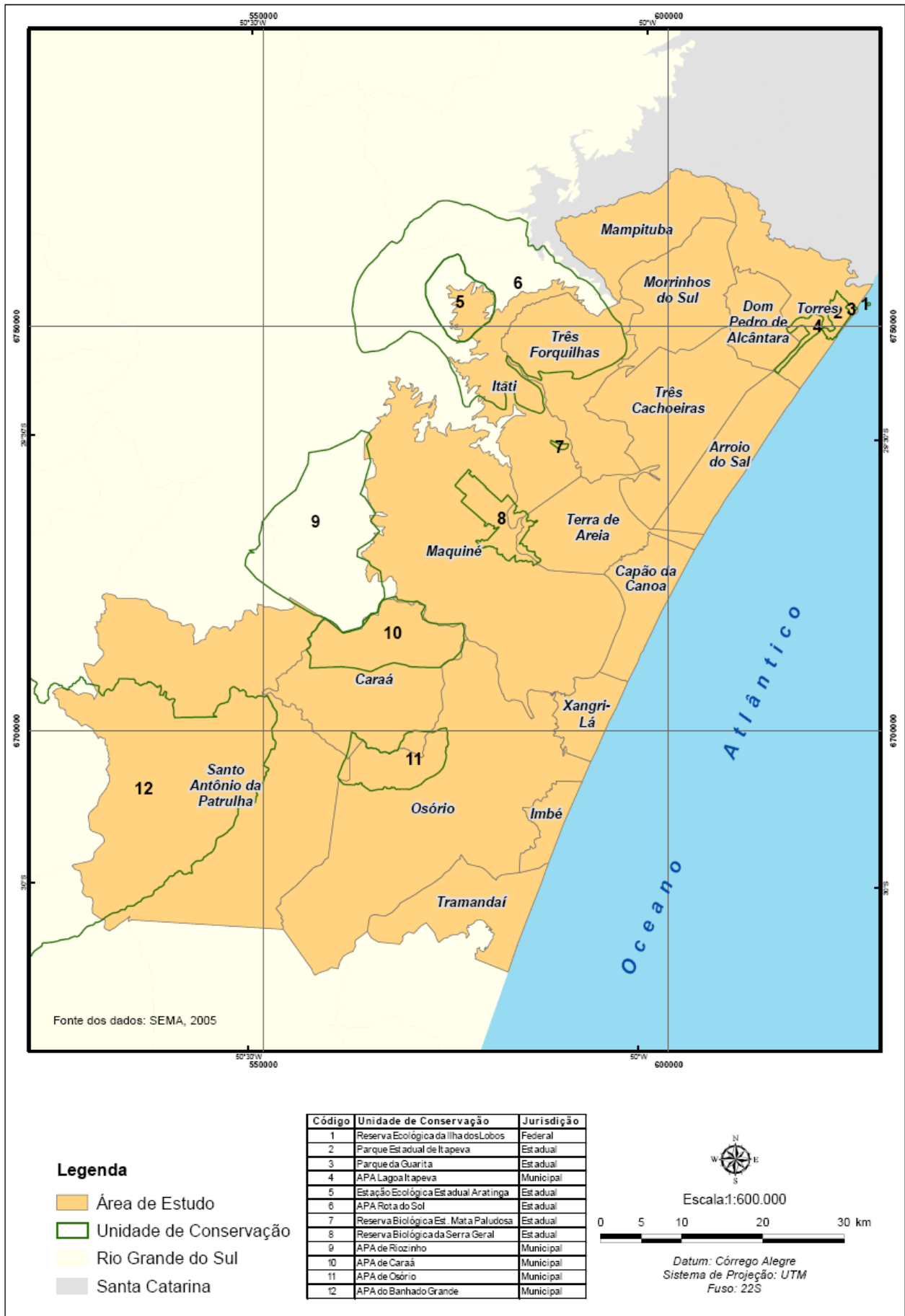


Figura 11: Localização das unidades de conservação na área de estudo

2.2.3 Consumo de energia elétrica

Segundo dados disponibilizados pela Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), referentes ao ano de 2006, o consumo total de energia na região foi 489.641.585 KWh, representando 2,4% do total do Estado. Uma síntese dos dados relacionados ao consumo faturado de energia total e às categorias de consumo é apresentada no Quadro 5. Os números levantados revelam que a maior demanda de energia na área de estudo está relacionada ao uso Residencial (46,25%), seguida pela categoria Outros, a qual inclui o uso no meio rural (22,77%).

A demanda energética está concentrada em apenas cinco municípios (Osório, Capão da Canoa, Torres, Tramandaí e Santo Antônio da Patrulha), responsáveis por 71% do consumo de energia elétrica da região, conforme pode ser visualizado na Figura 12. Aliando-se a esta apreciação os mapas *Distribuição da População Total por Município* (Figura 8) e *Caracterização do Perfil dos Municípios* (Figura 10), anteriormente apresentados, constata-se que os cinco municípios referidos concentram a maior parte da população da região (69,63%) e apresentam perfil Urbano Permanente, à exceção de Santo Antônio da Patrulha, caracterizado como Urbano Agroindustrial.

Ainda, os municípios podem ser classificados em função do perfil de consumo energético, de acordo com os setores de maior demanda, conforme a Figura 13. Os municípios anteriormente caracterizados como de perfil Rural apresentam o consumo de energia em classes que incluem a categoria Outros. Por outro lado, os municípios junto à orla litorânea, caracterizados como Urbano Permanente e Urbano 2ª. Residência, estão inseridos no perfil energético voltado para o uso residencial. Esta situação evidencia que o consumo de energia elétrica nos municípios segue a concentração da população e as atividades econômicas neles desenvolvidas.

Município	Categorias de Consumo				Total (kWh)
	Residencial	Industrial	Serviços/ Outras Atividades	Outros	
Arroio do Sal	9.720.319	575.438	3.463.671	2.803.214	16.562.642
Capão da Canoa	44.025.938	2.775.910	17.629.956	8.556.585	72.988.389
Caraá	807.820	728.429	374.371	4.452.018	6.362.638
Dom Pedro de Alcântara	504.250	24.890	410.203	2.444.388	3.383.731
Imbé	26.235.078	465.670	6.357.094	5.959.661	39.017.503
Itati	385.963	268.919	96.392	1.754.796	2.506.070
Mampituba	167.035	9.322	97.922	1.717.700	1.991.979
Maquiné	2.422.752	3.871.348	990.934	3.153.404	10.438.438
Morrinhos do Sul	488.706	76.494	185.137	2.841.301	3.591.638
Osório	26.515.985	26.369.678	13.607.403	16.293.570	82.786.636
Santo Antônio da Patrulha	16.750.663	13.004.031	8.298.398	16.407.186	54.460.278
Terra de Areia	4.193.305	1.774.108	1.980.035	3.680.685	11.628.133
Torres	30.392.633	2.826.454	15.805.495	21.092.879	70.117.461
Tramandaí	38.323.110	958.423	17.550.561	9.169.312	66.001.406
Três Cachoeiras	4.359.993	1.248.580	2.065.359	4.100.692	11.774.624
Três Forquilhas	325.289	126.655	208.157	2.181.448	2.841.549
Xangri-lá	20.818.039	1.698.203	5.760.757	4.911.471	33.188.470
Total	226.436.878	56.802.552	94.881.845	111.520.310	489.641.585

Quadro 5: Consumo faturado de energia total e por categorias de consumo

Fonte: Divisão de Gestão Comercial da CEEE, 2006.

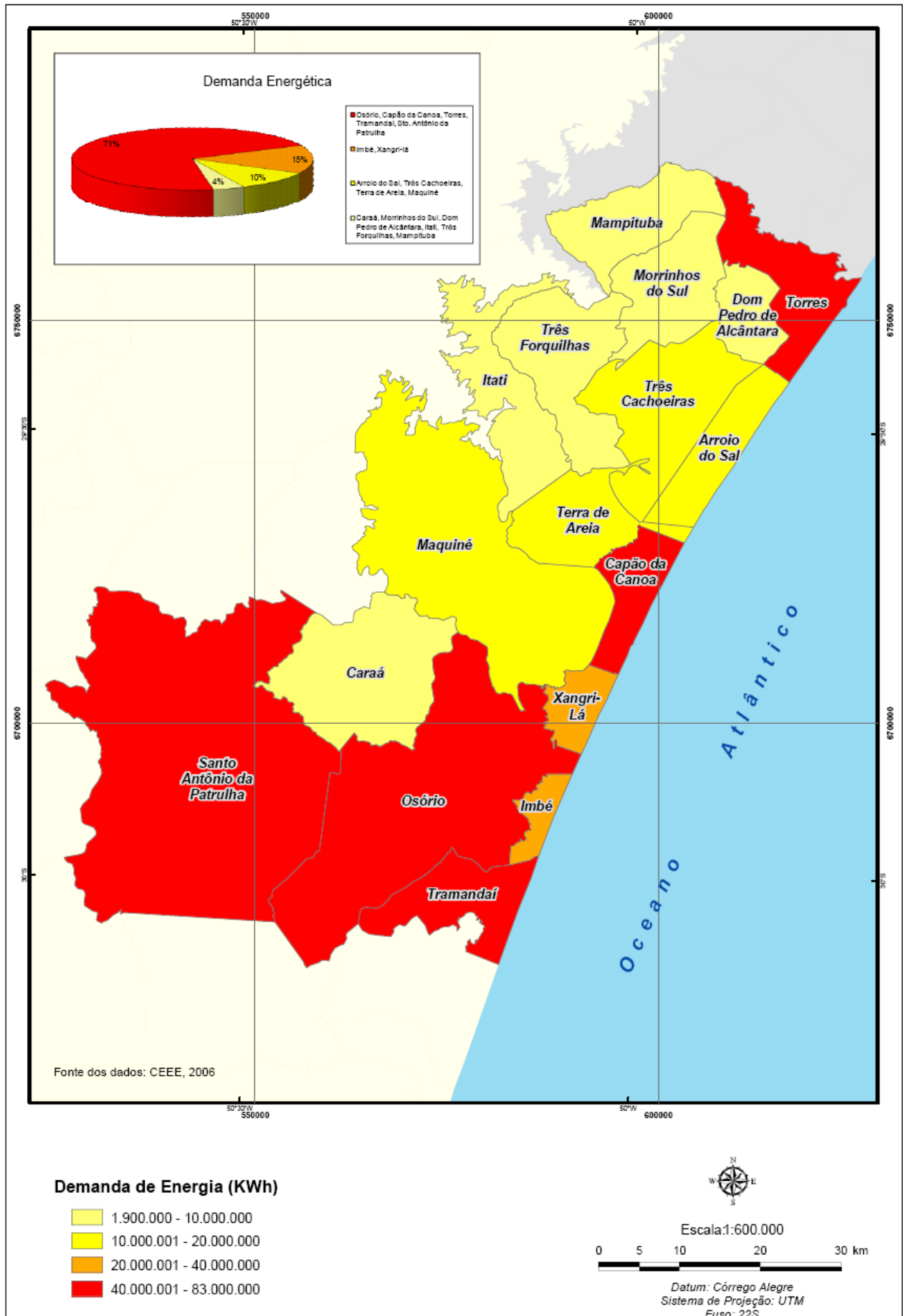


Figura 12 - Demanda de energia por município

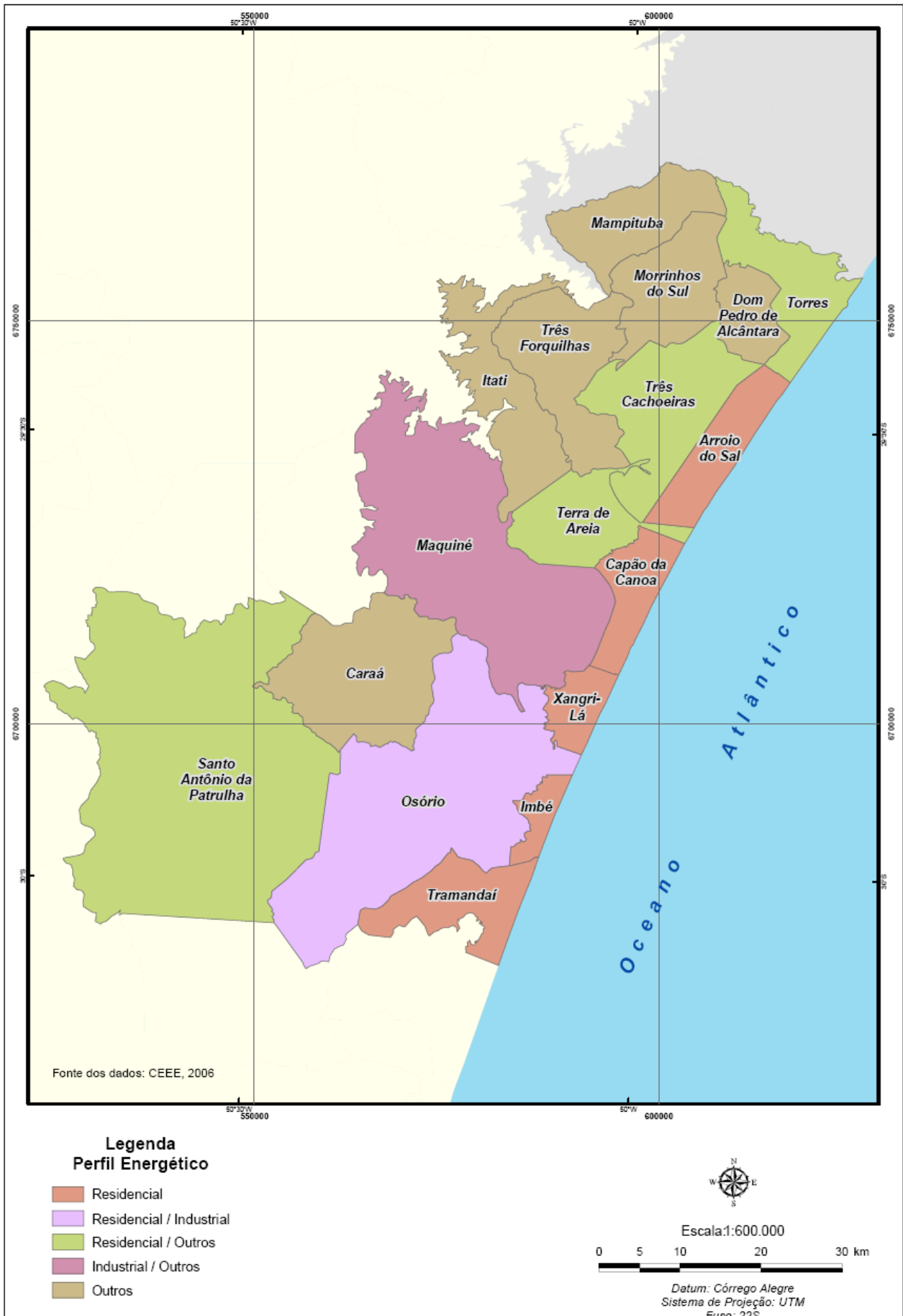


Figura 13: Perfil da demanda de energia por município

3. CONCEITOS E BASE DE DADOS ESPACIAIS DA PCNRS

3.1 Geoprocessamento

O Geoprocessamento pode ser entendido como o conjunto de todas as tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais e os sistemas que utilizam estas informações. Na prática, trata-se do universo composto pelas técnicas de Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica, Sistemas de Posicionamento por Satélites (GPS), Cartografia Digital, Aerofotogrametria e demais tecnologias que objetivam adquirir, manusear e produzir informações sobre entidades espaciais.

Neste trabalho, as técnicas de Geoprocessamento serão empregadas para a organização e produção de informações espaciais, oriundas de diversas fontes e formatos, e que possibilitem a análise do potencial energético renovável da região de estudo. O SIG será utilizado para produzir e gerenciar informações primárias, de modo a gerar um banco de dados espacial do potencial energético da PCNRS.

3.2 Estrutura do SIG

Um SIG abarca operações de armazenamento e recuperação de informações da base de dados, ou seja, os aspectos que dizem respeito à forma em que se organizam os dados espaciais e temáticos. O aspecto fundamental é a capacidade de transformação e análise dos dados, onde se concentra seu potencial operativo. É possível gerar novas informações a partir das existentes originalmente, por meio da combinação, superposição, reclassificação, entre outras aplicações sobre os planos de dados espaciais originais.

As funções disponíveis em um SIG permitem a simulação ou previsão de cenários. A partir desta simulação, os planejadores do território podem obter uma visão de qual pode ser o resultado, na prática, de suas decisões. O SIG também

pode estabelecer funções de seleção, consulta, recuperação e visualização do conteúdo da base de dados geocodificados, bem como manter atualizada esta base.

No SIG, dados ou variáveis que descrevem um mesmo tema (vegetação, altimetria, pedologia, por exemplo) são armazenados em um “mapa” digital individual. Estes “mapas” que recebem a denominação genérica de Planos de Informação (PI) são armazenados no computador em forma digital.

A operacionalização dos objetivos propostos se deu por meio da construção no SIG ArcGis 9.2, de um banco de dados espacial, composto pelas informações consideradas relevantes à proposta em estudo. Assim, cada tema selecionado foi estruturado na forma de PI, com a padronização das propriedades cartográficas. A estrutura está organizada por município, devido à praticidade de acesso, manipulação e apresentação das informações. Os dados estatísticos levantados (população, produção agrícola, consumo de energia, entre outros) também estão inseridos neste banco, podendo ser consultados e espacializados.

O banco de dados é constituído por informações primárias da região em estudo, como a base cartográfica e mapas temáticos (mosaico de imagens de satélite, geologia, MNT, mapa de uso do solo, mapas eólicos, mapa de radiação solar, mapa das UCs). A investigação sobre o potencial energético renovável é aplicada na PCNRS, resultando em mapas temáticos derivados indicativos de possíveis aproveitamentos energéticos.

3.2.1 Base Cartográfica

A base cartográfica foi obtida por meio da manipulação, no *software* ArcGis, de dados cartográficos de diversas fontes e escalas:

- Limites municipais: IBGE (2005), em escala 1:500.000;
- Cartas Topográficas: Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (SGE), em escala 1:50.000;
- Imagens do satélite SPOT 5, dos anos de 2002 e 2003, com resolução espacial de 5 metros.

Os limites municipais foram adquiridos a partir da página na *internet* do IBGE² em formato *shapefile*. As cartas topográficas e as imagens do satélite SPOT 5 foram

² www.ibge.gov.br

Nome da Carta	MI	Nome da Folha
Cambará do Sul	2955-2	SH-22-X-C- II-2
Praia Grande	2956-1	SH-22-X-C-III-1
Tainhas	2955-3	SH-22-X-C- II-3
Aratinga	2955-4	SH-22-X-C- II-4
Três Cachoeiras	2956-3	SH-22-X-C-III-3
Torres	2956-4	SH-22-X-C-III-4
Rolante	2971-2	SH-22-X-C- IV-2
Barra do Ouro	2972-1	SH-22-X-C- V-1
Maquiné	2972-2	SH-22-X-C- V-2
Arroio Teixeira	2973-1	SH-22-X-C- VI-1
Gravataí	2971-3	SH-22-X-C- IV-3
Santo Antônio da Patrulha	2971-4	SH-22-X-C- IV-4
Osório	2972-3	SH-22-X-C- V-3
Tramandaí	2972-4	SH-22-X-C- V-4
Lagoa Capivari	2988-2	SH-22-Z-A- I-2
Rancho Velho	2989-1	SH-22-Z-A- II-1
Cidreira	2989-2	SH-22-Z-A- II-2

Quadro 6: Relação de municípios e cartas SGE correspondentes

O mosaico de imagens SPOT cedido pela SEMA é composto por bandas espectrais do visível e infravermelho próximo, do sensor HRG, dos anos 2002 e 2003, ortorretificadas e em formato *geotiff*. Trata-se de uma composição colorida RGB123, anteriormente fusionada com a banda pancromática, de modo a assumir as propriedades espaciais dessa. As características das imagens são apresentadas nos Quadros 7 e 8.

Banda	Faixa espectral	Resolução espacial
Pancromática	0,48 - 0,71 μ m	5m
B1	0,50 - 0,59 μ m	10m
B2	0,61 - 0,68 μ m	10m
B3	0,78 - 0,89 μ m	10m

Quadro 7: Características das imagens utilizadas
Fonte: Adaptado de SPOTIMAGE, 2005.

Órbita	Ponto	Data
710	408	28/08/2002
710	409	28/08/2002
711	408	13/11/2002
711	409	13/11/2002
711	410	13/11/2002
712	407	27/08/2002
712	408	27/08/2002
712	409	27/08/2002
712	410	29/03/2003
713	408	14/04/2003
713	409	14/04/2003

Quadro 8: Informações das imagens do satélite SPOT5

O mosaico de imagens de satélite construído para a área de estudo é apresentado na Figura 15.

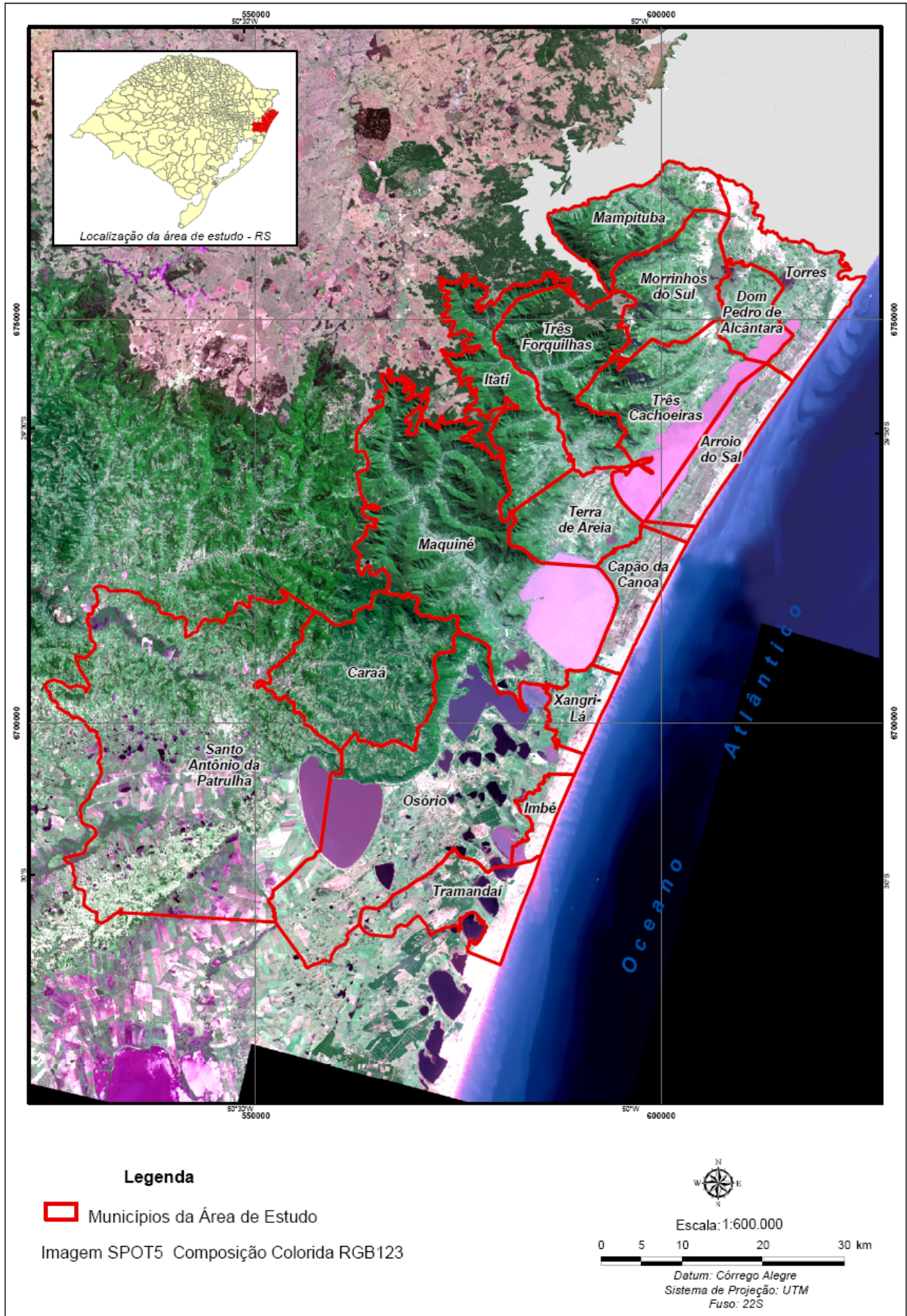


Figura 15: Localização da área de estudo

3.2.2 Mapa geológico da PCNRS

Para elaborar o mapa geológico a fonte utilizada foi o Mapa Geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995). O setor norte do mapa foi cedido pelo Centro de Ecologia da UFRGS, em formato digital do *software* Carta Linx. O arquivo continha a delimitação dos polígonos das unidades geológicas, porém as classes não estavam associadas a cada polígono correspondente. Assim, para que esta informação pudesse compor o banco de dados, foi necessário fazer esta identificação. No entanto, a área abrangida não corresponde à totalidade da área de estudo, ficando ausente de informações o setor norte/noroeste dos municípios de Maquiné, Itati e Santo Antônio da Patrulha. Em função disso, optou-se por utilizar o Mapa Geológico do RADAM BRASIL, Vol. 33, para análise conjunta com o Mapa da Planície Costeira, a fim de completar as informações necessárias. O resultado deste procedimento é o mapa geológico da área de estudo, conforme Figura 16. Um exemplo de apresentação dos mapas produzidos em nível municipal é apresentado para Maquiné (Figura 17).

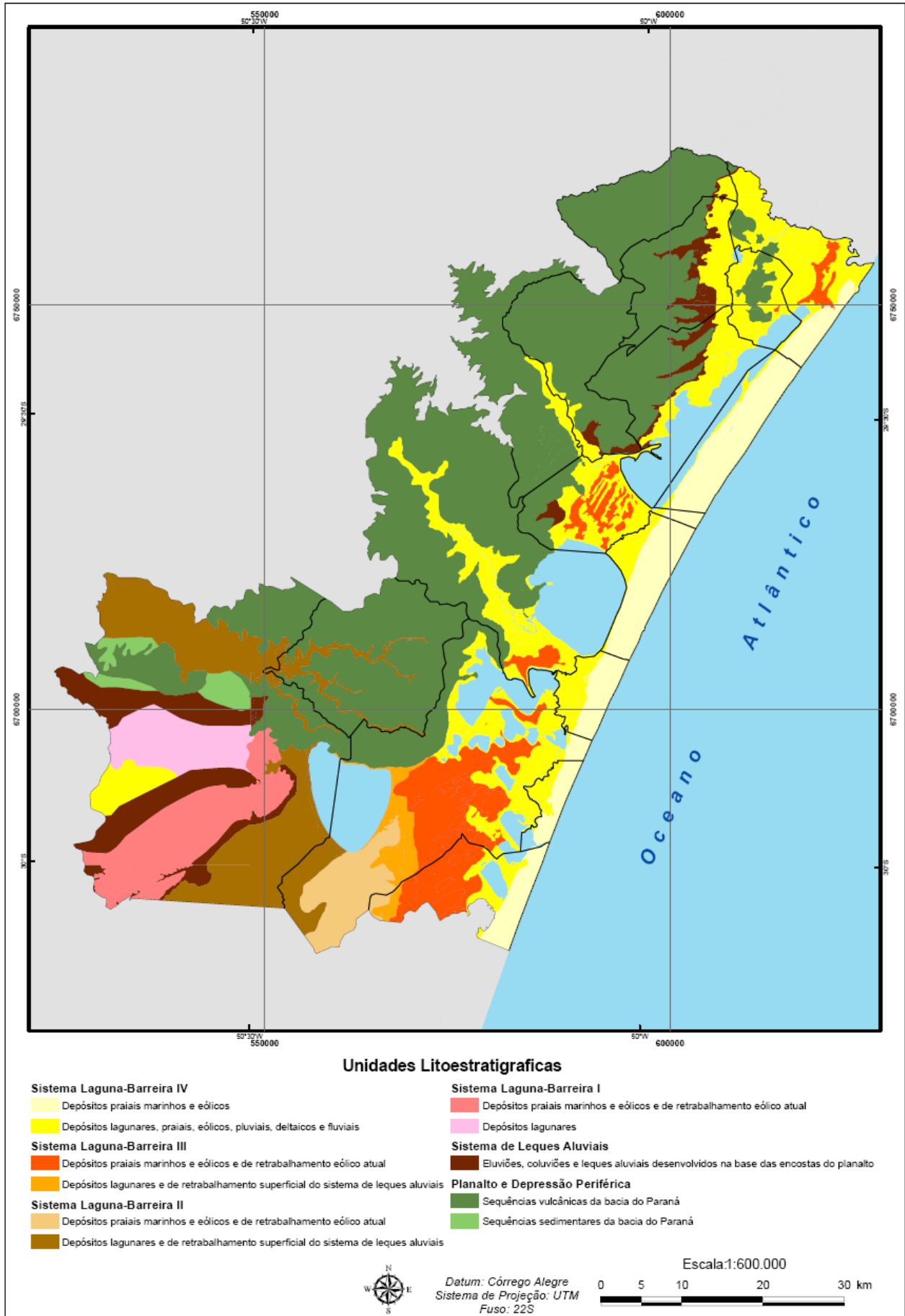


Figura 16: Geologia da área de estudo

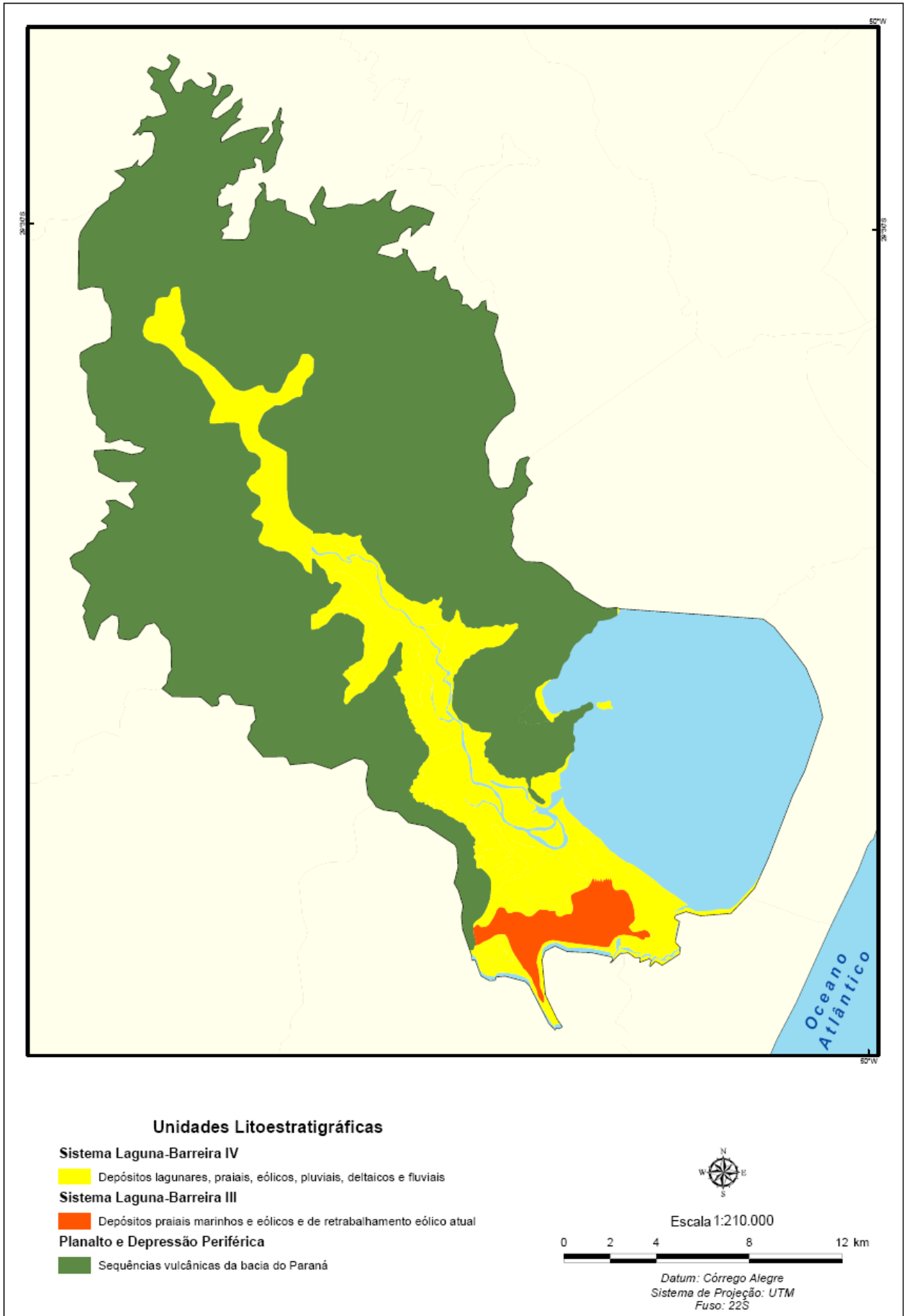


Figura 17: Município de Maquiné - Geologia

3.2.3 Modelo Numérico do Terreno

A implementação das técnicas de interpolação é comumente realizada para a geração de PIs numéricos e matriciais, os quais recebem a denominação genérica de MNT. Este termo é utilizado como designação geral para PIs numéricos. Comumente associados à altimetria, também podem ser utilizados para modelar informações relativas a outras variáveis quantitativas, como teor de minerais, propriedades do solo ou subsolo, declividade do terreno, entre outras. Um MNT é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real.

A primeira alternativa encontrada para a geração do MNT, devido a dificuldade inicial para obtenção das bases elaborados pela SGE, foi a utilização de imagens do satélite SRTM³. No entanto, verificou-se que a resolução espacial do dado é muito pequena, dificultando seu cruzamento com informações produzidas em escalas maiores. Assim, com a disponibilização das cartas topográficas pela SEMA, foi utilizado o arquivo contendo as curvas de nível. Contudo, foi necessário fazer a adequação das curvas nas áreas limítrofes entre cartas, devido às diferenças de interpretação oriundas do processo de restituição. Para tal, estes ajustes foram realizados no ArcGis, conforme ilustrado na Figura 18.

Após o ajuste dos limites entre as cartas, foi gerado um arquivo vetorial do tipo TIN (*Triangular Irregular Network*). O MNT pode ser representado por uma grade regular ou irregular (triangular). A grade regular é uma representação matricial onde cada elemento da matriz é associado a um valor numérico. Para a geração da grade, é necessário estimar, através de interpoladores matemáticos, os valores para as células que não possuem medidas de elevação, considerando-se, para tanto, as medidas de vizinhança.

³ Shuttle Radar Topography Mission

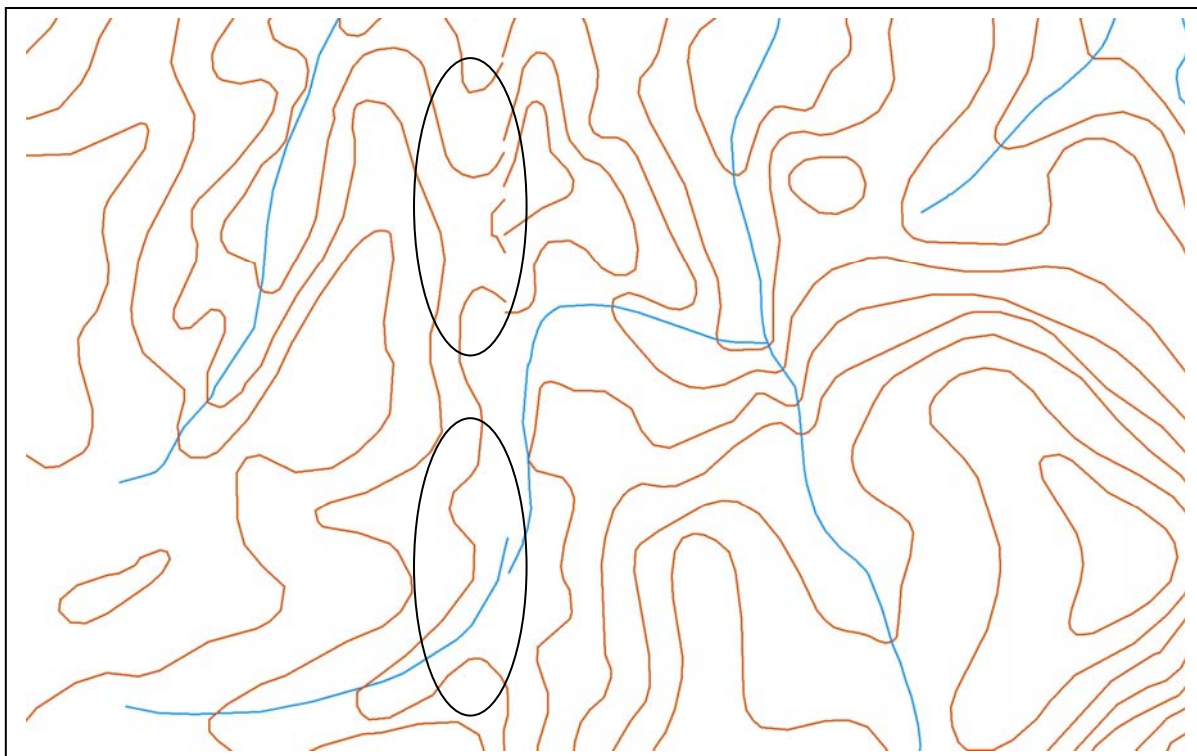


Figura 18: Exemplificação de ajustes realizados nas curvas de nível

A grade triangular ou TIN é uma estrutura do tipo vetorial como topologia nó-arco e representa uma superfície, através de um conjunto de faces triangulares interligadas. Para cada um dos três vértices da face do triângulo, são armazenadas as coordenadas de localização (x,y) e o atributo z, correspondente ao valor de elevação ou altitude. Uma grade triangular é formada por uma série de subáreas triangulares, ajustadas à superfície topográfica, com base no princípio de que uma superfície plana pode se ajustar a quaisquer três pontos não colineares (BURROUGH, 1986). Quanto mais eqüiláteras forem as faces triangulares, maior a exatidão com que se descreve a superfície. O valor de elevação em qualquer ponto da superfície pode ser estimado a partir das faces triangulares, utilizando-se interpolação linear. O resultado dos procedimentos está representado na Figura 19 e o recorte em nível municipal para Maquiné na Figura 20.

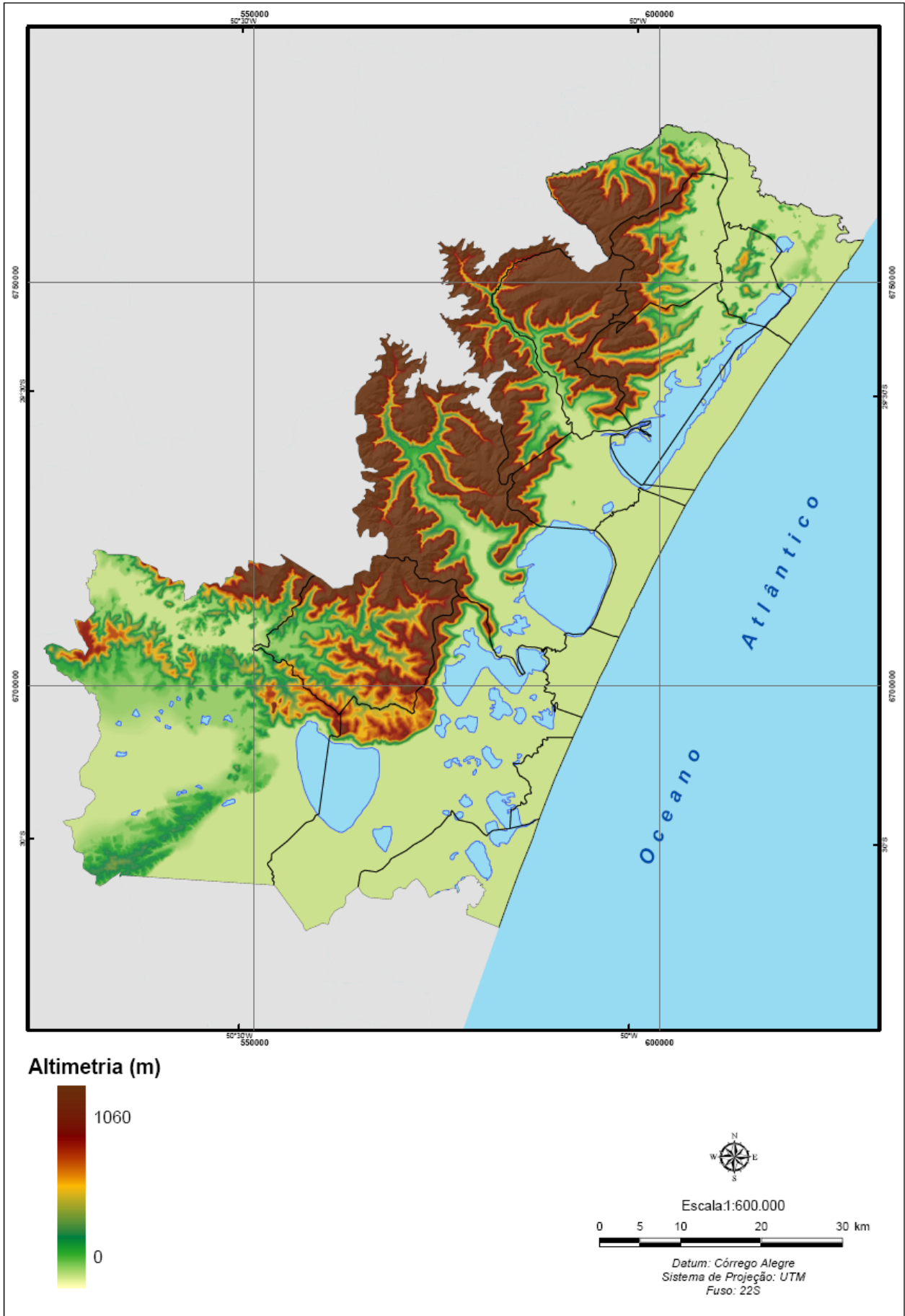


Figura 19: Altimetria da área de estudo

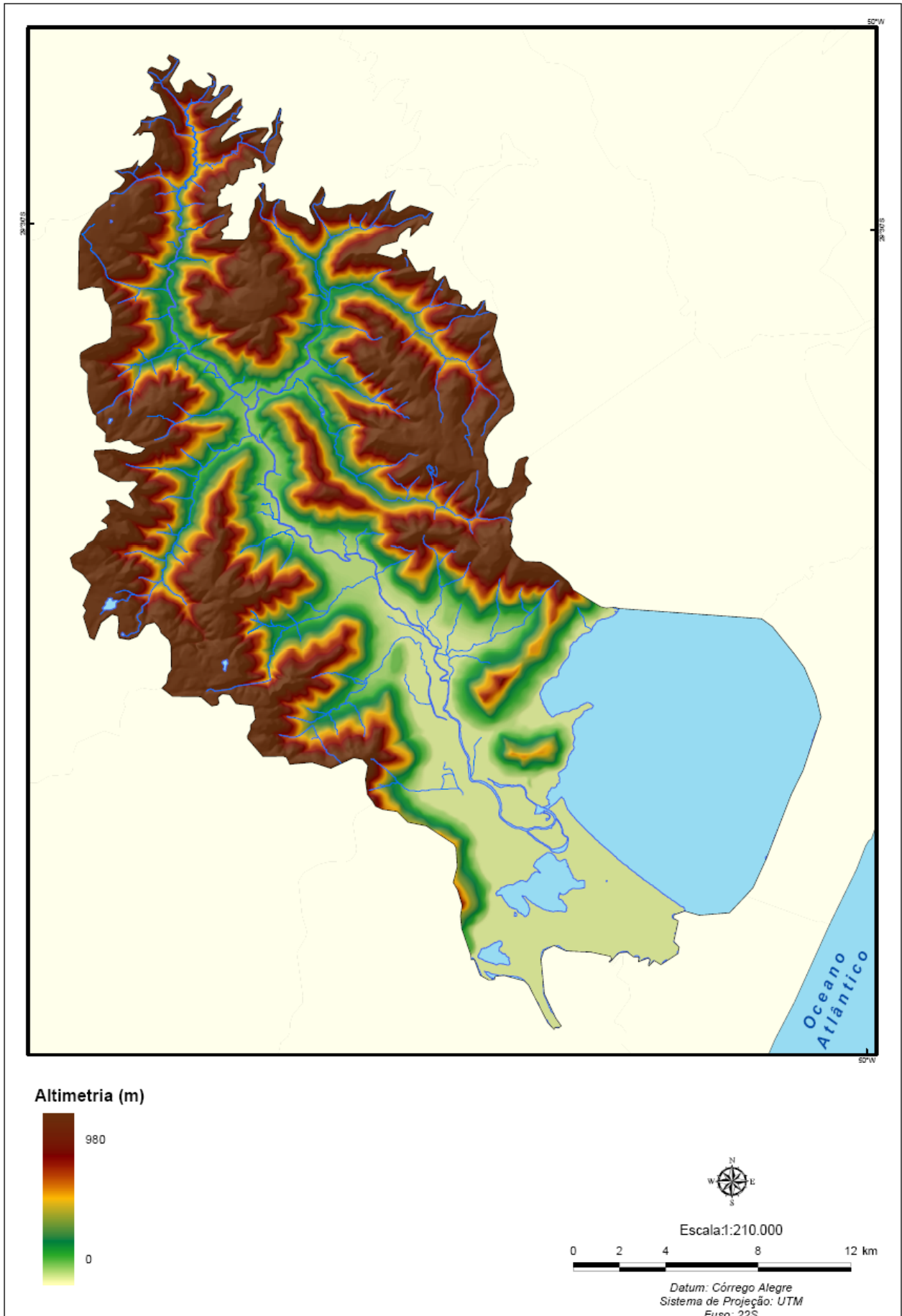


Figura 20: Município de Maquiné - Altimetria

3.2.4 Produtos dos sensores remotos

O primeiro passo para a geração do uso do solo da região foi realizar uma pesquisa quanto à utilização de imagens de satélite, considerando fatores como disponibilidade, resolução espacial, data, entre outros. Assim, a primeira imagem avaliada, do satélite Landsat 7, foi descartada, apesar de disponível sem custo, devido a baixa resolução espacial, o que dificulta a correta identificação de classes relevantes ao tema proposto, como variedade de culturas agrícolas. Em seguida, foi considerada a utilização de imagens de alta resolução, como do satélite IKONOS e Quick Bird. Através de contatos com prefeituras municipais, órgãos públicos e empresas constatou-se que não há disponibilidade de imagens para toda a região. A aquisição das áreas não disponíveis foi rejeitada devido ao valor elevado para obtenção. A alternativa encontrada foi a utilização de imagens do satélite SPOT 5, que apresenta resoluções espacial e espectral compatíveis com o objetivo proposto, além de serem disponibilizadas sem custo pela SEMA.

Inicialmente, para a obtenção do mapa de uso do solo, foram avaliados os métodos e os procedimentos a serem adotados na produção desta informação. Consideramos o uso do solo gerado a partir da classificação digital gerada pelo CEPERSM-UFRGS, para o PCMA. Nesse mapa de uso, verificaram-se discrepâncias entre as classes geradas e as identificadas pela análise visual. Tal fato deve-se, em parte, ao método utilizado no projeto (classificação digital *MAXVER*) e à subjetividade de quem realiza o trabalho. Após diversas análises da adequação desse material para a finalidade desejada, optou-se pela realização de uma interpretação visual da imagem, por município.

A partir desta decisão o mosaico de imagens foi recortado pela área de estudo e aplicadas técnicas de processamento digital de imagens (PDI), com a finalidade de melhorar a qualidade da imagem para interpretação. Posteriormente, a imagem foi recortada pela base cartográfica municipal, com o intuito de facilitar o processo de interpretação, ao manipular arquivos mais leves do ponto de vista computacional, no entanto, sem deixar de verificar, quando necessário, os municípios adjacentes.

Após os ajustes da imagem, passou-se ao trabalho de interpretação visual e restituição, desenvolvido por meio de reconhecimento e delimitação das feições em escala até 1:10.000. A execução da interpretação utilizou como apoio o uso do solo

do PCMA, dados do IBGE de produção agrícola por hectare, usos anteriormente produzidos (NEVES, 2006) e informações levantadas em campo. A definição das classes a serem mapeadas foi analisada, levando-se em conta a capacidade de distinção de alvos pelo sensor. O MNT elaborado anteriormente e os dados obtidos em campo serviram como informações auxiliares ao processo. Nesse procedimento, houve a necessidade de fazer algumas inferências a partir desses dados, pois em alguns pontos da imagem a resposta espectral de cultivos diferentes, observados anteriormente em campo, eram bastante semelhantes. Com a análise conjunta dos dados de altimetria, de campo e da imagem, foi possível diferenciar seções de cultivo de banana e arroz.

A classificação a partir de interpretação visual dos objetos é uma técnica amplamente utilizada para o reconhecimento de objetos visando à criação de mapas temáticos e como subsídio para análises ambientais, análises de viabilidade de infraestrutura, entre outros. Nesse processo, são considerados os seguintes aspectos: forma, sombra, tamanho, tonalidade, densidade, declividade, textura, posição e adjacências. O resultado dos procedimentos aplicados sobre a área de estudo é apresentado na Figura 21.

As classes obtidas são descritas a seguir.

Floresta Ombrófila Mista. Esta formação também é conhecida como Mata de Araucária devido à ocorrência predominante desta espécie, conhecida como Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*). A área de distribuição desta formação restringe-se ao Planalto dos Campos Gerais e na borda superior da encosta, caracterizando uma região de transição com a Floresta Ombrófila Densa. Nas encostas de morros ocorrem capões de 7 a 12m de altura, com dominância de bracatinga (*Mimosa scabrella*), vassourão (*Piptocarpha angustifolia*), aroeira-brava (*Schinus terebinifolius*) entre outros. O xaxim-bugio (*Dicksonia sellowiana*), a imbuia (*Ocotea sellowiana*), as samambaias e diversas Bromeliaceae também são consideradas características desta formação.

Floresta Ombrófila Densa. Esta formação florestal, característica da Mata Atlântica, possui dossel que pode alcançar até 30m de altura. É constituída por plantas lenhosas e apresenta grande variedade de espécies como epífitas, lianas, xaxins, arbustos e árvores médias e altas. Na área de estudo ocorre predominantemente nas vertentes dos morros (Unidade Geomorfológica Serra Geral).

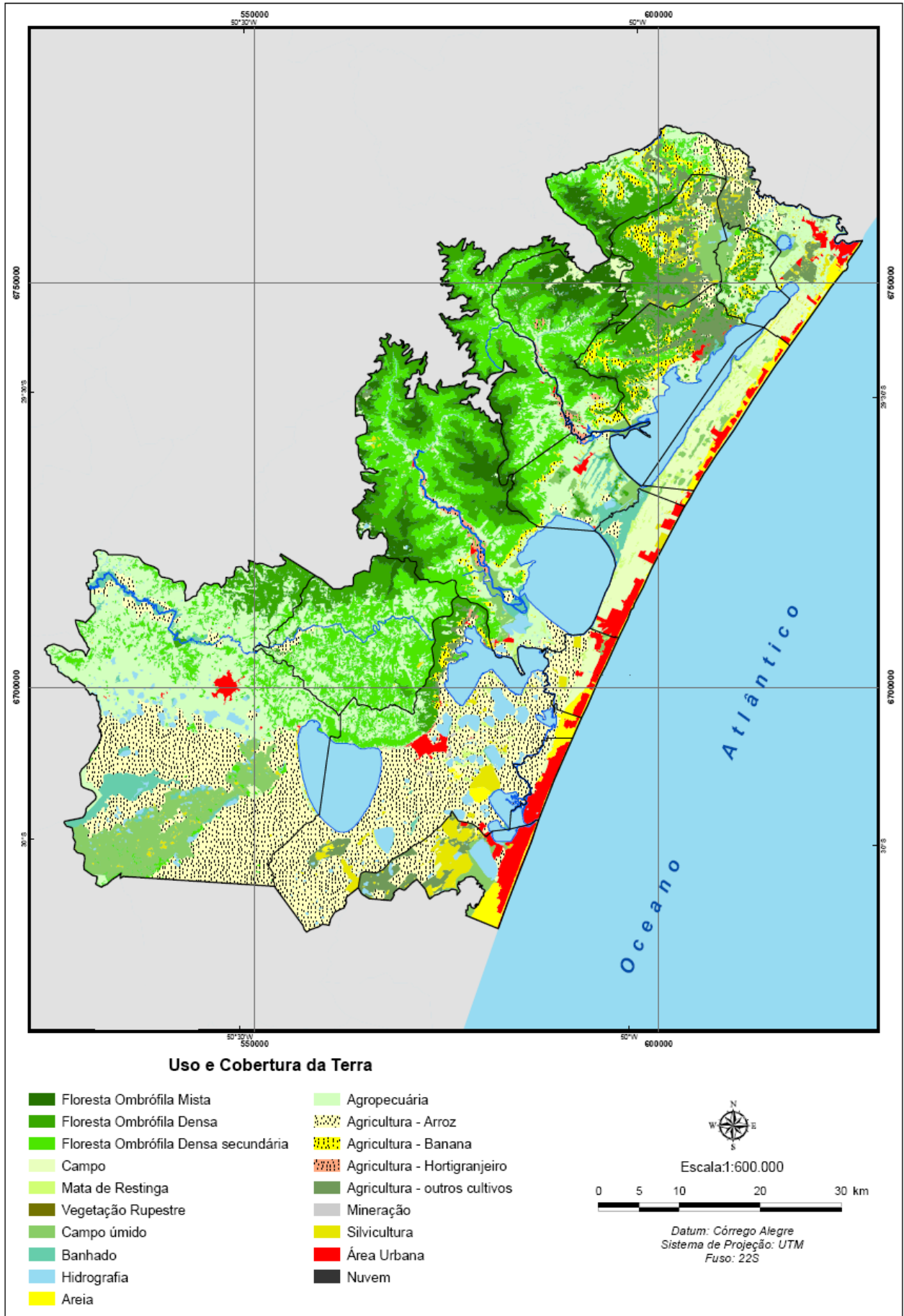


Figura 21: Uso e Cobertura do Solo da área de estudo

Floresta Ombrófila Densa secundária em vários estágios. Classe criada devido à grande quantidade de fragmentos de Floresta Ombrófila Densa secundária em estágio avançado de regeneração inserida em uma matriz de Floresta Ombrófila Densa secundária em estágio inicial ou médio. O inverso também ocorre com frequência. A Floresta Ombrófila Densa secundária em estágio inicial ou médio representa o início da recuperação da formação florestal, com vegetação herbácea e arbustiva. Já no estágio médio de recuperação, apresenta também árvores pioneiras como a Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*). As áreas de Floresta Ombrófila Densa secundária em estágio avançado estão em estágio de recuperação, muito similar à floresta primária, com porte arbóreo e presença de dossel, porém com pouca diversidade de espécies. Tendo em vista esta complexidade, principalmente nas áreas de encosta, tornou-se necessário a utilização de uma classe que englobasse os diversos estágios de regeneração.

Campo. Formação natural de vegetação rasteira com predomínio de gramíneas e raros grupos de arbustos. Ocorre nas áreas do Planalto dos Campos Gerais, ao norte da área de estudo.

Mata de Restinga. Vegetação arbórea arbustiva associada aos solos arenosos de boa drenagem da Planície Marinha. Ocorrem na crista das dunas, possui porte baixo e raízes profundas.

Vegetação Rupestre. Localizada exclusivamente nos topos de morros, esta classe se caracteriza pela presença de afloramentos rochosos, gramíneas e arbustos. A ausência de vegetação arbórea nestes setores é relacionada a pouca espessura dos solos, que são constantemente lixiviados.

Campo Úmido. Localizado nas áreas de planície, essa formação pode caracterizar uma área de transição entre os banhados e outras formações.

Banhados. Área alagada permanente ou temporariamente, geralmente com a presença de vegetação gramínea. Ocorre principalmente nas áreas de planície lagunar e marinha.

Hidrografia. Corpos hídricos, naturais ou artificiais localizados na área de estudo. Classe composta por cursos que servem de canal natural para a drenagem de uma bacia e por lagoas, que são as depressões do solo cheias de água, de formas variadas, geralmente alimentadas por um ou mais rios afluentes.

Areia. Áreas sem indícios de uso, localizadas, majoritariamente, no limite da área de estudo com o Oceano Atlântico. Classe associada à faixa de praia e área de dunas.

Agropecuária. Classe localizada principalmente nas áreas planas e nas encostas com menor declividade. Nela estão compreendidos usos agropastoris da terra que não foram especificados na legenda como as plantações abacaxi, fumo, mandioca, cana-de-açúcar, diversas frutas e criação de animais, entre outros.

Agricultura – Arroz. Ocorre na planície, principalmente na Planície Lagunar aproveitando as áreas naturalmente alagadiças.

Agricultura – Banana. Área de monocultura de banana, concentra sua distribuição nas encostas voltadas para a Planície Lagunar ou Planície Marinha.

Agricultura – Hortigranjeiro. Caracteriza-se pelo cultivo variado de hortaliças, localizado na área de Planície Alúvio-Coluvionar, aproveitando a proximidade com os rios para a utilização das águas na irrigação.

Agricultura – Outros cultivos. Nela estão compreendidos os diversos usos agrícolas da terra, permanentes ou sazonais, que não foram especificados na legenda como as plantações de abacaxi, fumo, frutíferas, mandioca, cana-de-açúcar, feijão, milho, entre outros.

Mineração. Área de extração de areia para uso na construção civil, localizada entre a BR-101 e a lagoa dos Quadros.

Silvicultura. Caracterizada pelo cultivo de árvores exóticas para extração de madeira, esta classe encontra-se distribuída em pequenos fragmentos por praticamente toda a área de estudo, porém concentra-se nas porções entre as lagoas costeiras e a faixa praial.

Área Urbana. Áreas urbanizadas dentro dos limites do perímetro urbano e as localidades com adensamento de vias e construções.

Nuvem. Classe gerada para identificar os pontos onde não foi possível obter a resposta espectral da superfície devido a cobertura de nuvens.

A relação da área ocupada por cada classe é apresentada no Quadro 9.

Classes de uso e cobertura	Área (ha)	Percentual (%)
Floresta Ombrófila Mista	15.740,83	3,52
Floresta Ombrófila Densa	49.471,94	11,06
Floresta Ombrófila Densa secundária em vários estágios	58.795,12	13,15
Campo	18.326,79	4,10
Mata de Restinga	2.355,75	0,52
Vegetação Rupestre	147,69	0,03
Campo Úmido	19.838,12	4,43
Banhados	8.444,09	1,88
Hidrografia	50.500,89	11,29
Areia	5.881,33	1,31
Agropecuária	80.608,87	18,03
Agricultura - Arroz	83.377,07	18,65
Agricultura - Banana	12.455,12	2,78
Agricultura - Hortigranjeiro	2.398,05	0,53
Agricultura - outros cultivos	16.411,23	3,67
Mineração	184,53	0,04
Silvicultura	8.733,64	1,95
Área Urbana	13.291,92	2,97
Nuvem	8,08	0,01

Quadro 9: Classes de uso e cobertura do solo e área ocupada na área de estudo

3.2.5 Mapas eólicos

Os mapas originais foram obtidos a partir do Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (CAMARGO *et al*, 2002), elaborado pelo governo do Estado, por intermédio da Secretaria de Energia, Minas e Comunicações (SEMC). O Atlas contém informações detalhadas sobre os regimes dos ventos no Rio Grande do Sul, calculadas a partir de rigorosa metodologia, utilizando técnicas modernas e tendo como base medições de alta qualidade, realizadas entre 2000 e 2002. Tais informações permitem identificar as potências de aproveitamento da energia eólica, tornando possível, assim, a elaboração de estudos preliminares de viabilidade técnica e econômica e a identificação de locais adequados para as medições, com vistas a implantação de fazendas eólicas. Entre os mapas que compõem o Atlas, selecionou-se os que apresentam uma estimativa do potencial eólico a 50, 75 e 100 metros de altura e com ventos acima de 7 metros por segundo. Estes mapas foram elaborados com resolução de 1km x 1km e estão apresentados nas Figuras 22, 23 e 24.

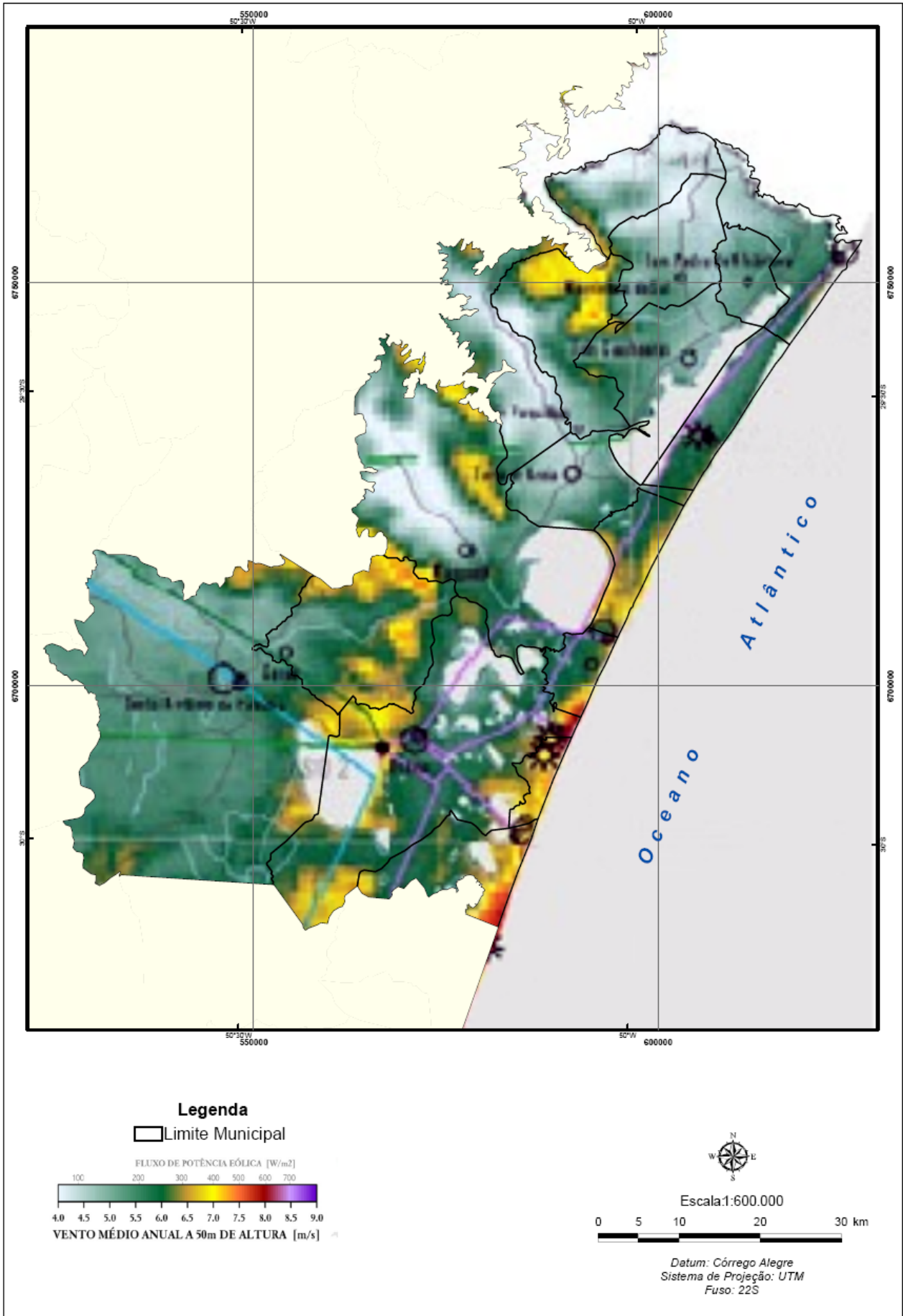


Figura 22: Potencial Eólico Anual com 50m de altura na área de estudo

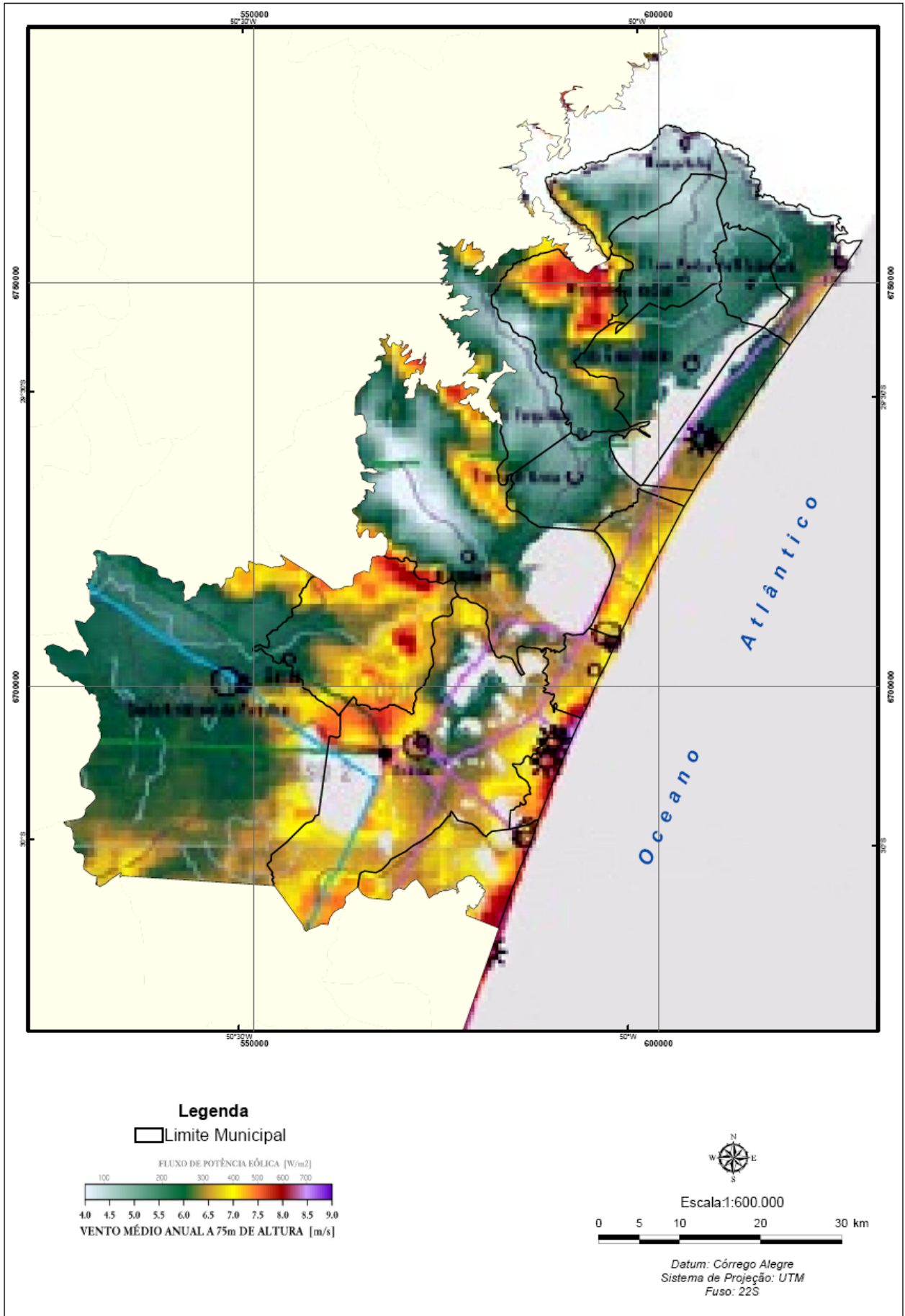


Figura 23: Potencial Eólico Anual com 75m de altura na área de estudo

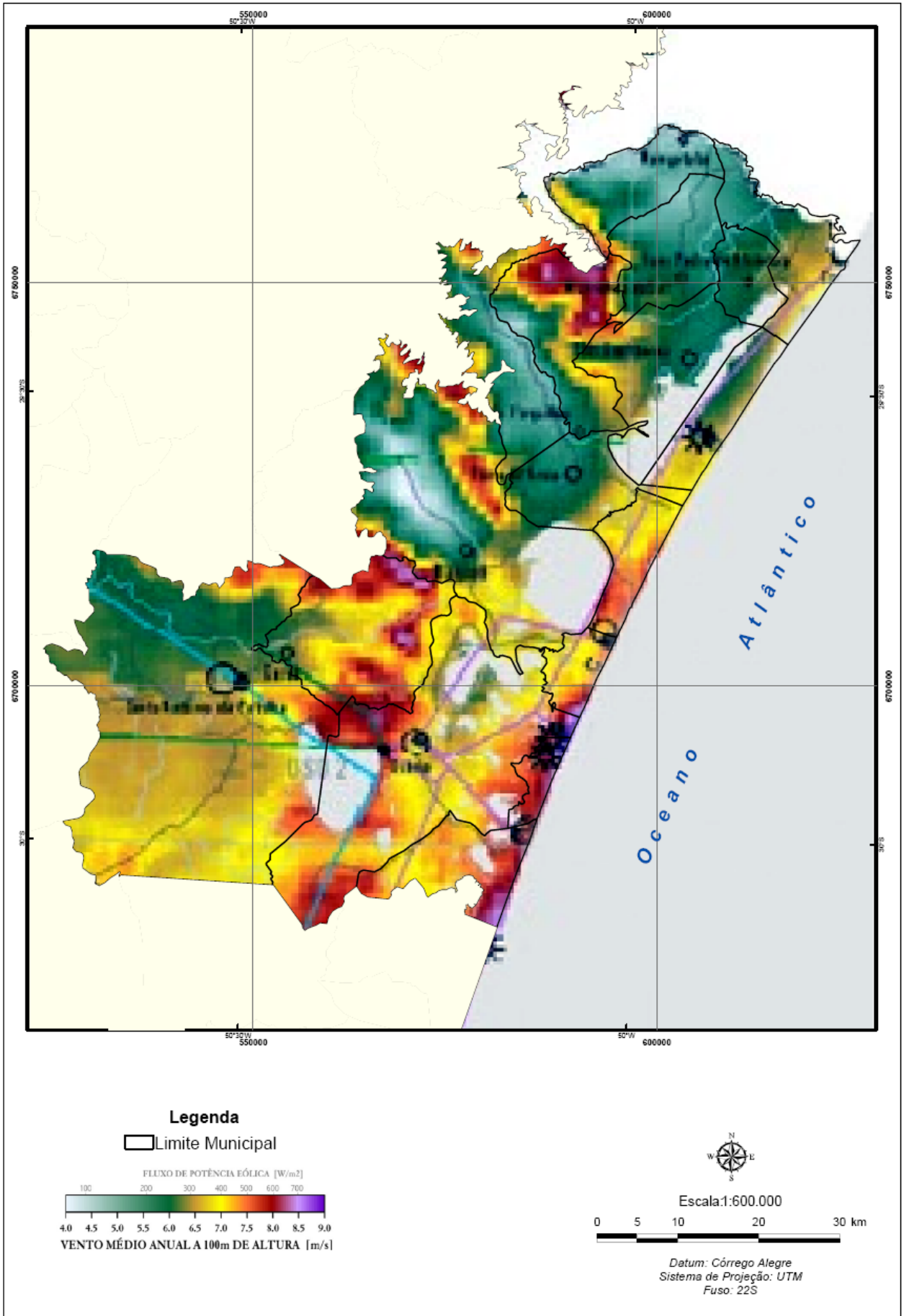


Figura 24: Potencial Eólico Anual com 100m de altura na área de estudo

3.2.6 Mapas de insolação e radiação solar

O PI de insolação da área de estudo foi obtido a partir do MNT. A geração do modelo de insolação consiste em atribuir valores de azimute para cada pixel do MNT, tendo como 0° de referência para o norte. O MNT foi classificado em 3 categorias de insolação de vertentes: a) a vertente norte compreende os valores entre 0° e 112° e de 247° a 360°; b) a vertente sul compreende os valores entre 113° e 246°; c) a classe plano se refere as áreas planas. Assim, preliminarmente, é possível identificar os locais que recebem maior insolação, que podem, ainda, ter um maior detalhamento de classes. O resultado deste procedimento é apresentado na Figura 25.

O mapa de radiação solar da região foi produzido a partir do estudo desenvolvido por Martinazzo (2004), sobre a disponibilidade da radiação solar no Rio Grande do Sul, visando aprimorar as metodologias de previsão de valores de radiação solar. O trabalho resulta no desenvolvimento de modelos estatísticos de estimativa da radiação solar e na elaboração de mapas mensais e anual da iso-radiação para o Rio Grande do Sul, com maior detalhamento do que o produzido pelo Atlas Solarimétrico do Brasil (TIBA *et al*, 2004) e por outros trabalhos relacionados ao tema (FEPAGRO, 1989; KESSLER & CORBELA, 1979; GTES/CRESESB, 1999; COLLE & PEREIRA, 1998). A confiabilidade do modelo proposto por Martinazzo (*op. cit.*) deve-se ao maior número de medições realizadas na superfície terrestre, ao conjunto mais homogêneo e completo de variáveis climatológicas (insolação, radiação global, umidade relativa, temperatura média e latitude) e à validação da metodologia. Além disso, são consideradas as particularidades regionais que interferem nestas variáveis, como vegetação e relevo. Assim, em vista do exposto, a partir deste estudo, elaborou-se o mapa de radiação solar global horizontal média anual diária para toda área de estudo (Figura 26).

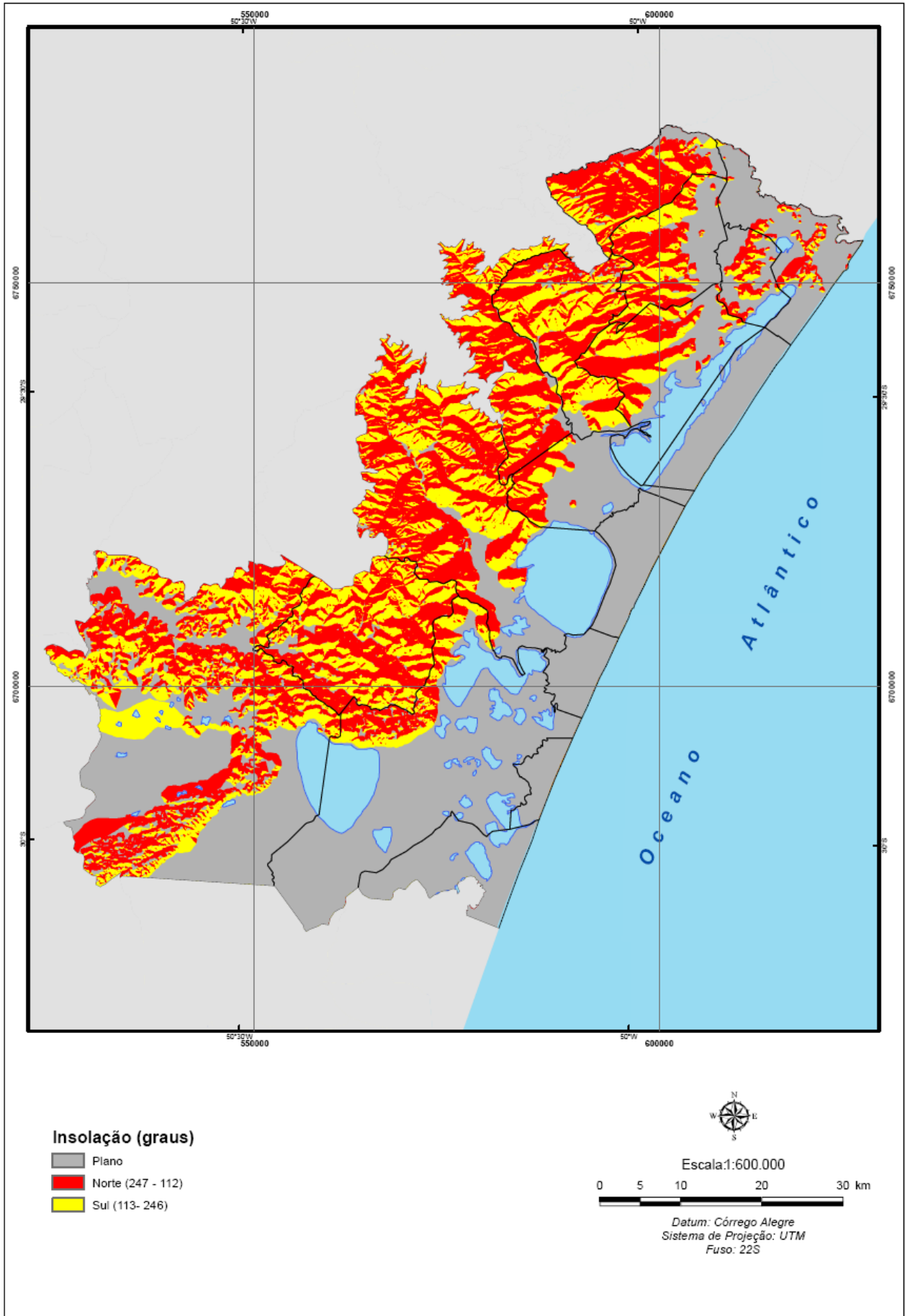


Figura 25: Modelo de Insolação da área de estudo

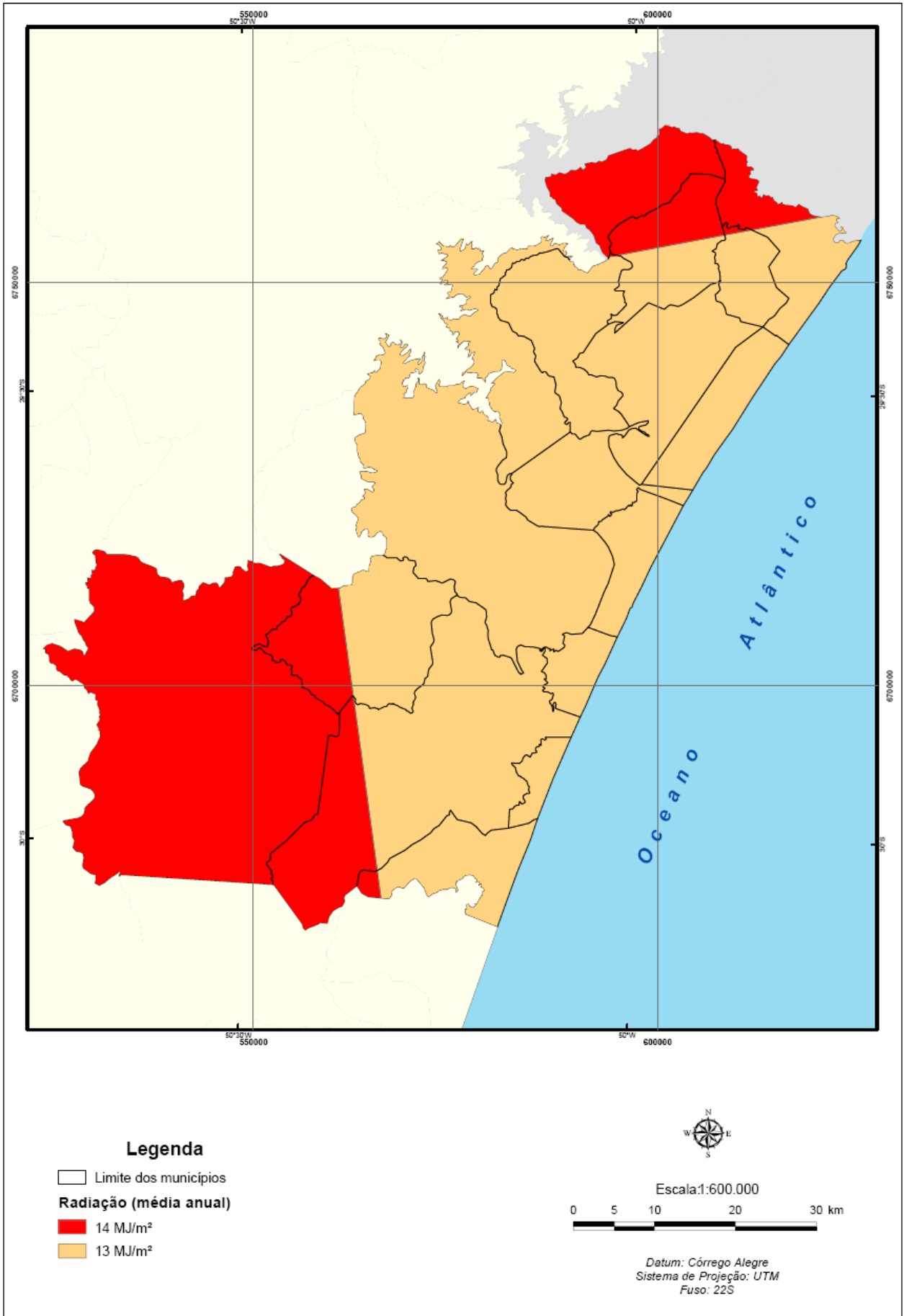


Figura 26: Radiação solar média anual diária para a área de estudo

3.3 Levantamentos de Campo

Anteriormente aos trabalhos de campo, foram confeccionados mapas de uso do solo, feições geológicas e geomorfológicas, baseados na interpretação de imagens do satélite SPOT, dados do Projeto RADAMBRASIL (1978) e mapa geológico de Villwock *et al* (1995). Após o trabalho de campo, os mapas foram ajustados aos dados da verdade terrestre. Diversos pontos foram observados em toda área de estudo com o objetivo de levantar as feições e atividades nelas desenvolvidas. O primeiro trecho percorrido compreende a RS 030, entre Tramandaí e Osório. O segundo trecho compreende localidades entre Maquiné, Itati, Terra de Areia e Curumim (BR 101; Maquiné-RS 484; Terra de Areia-RS 091; RS 486, Balneário de Curumim–Capão da Canoa). O curso segue adjacente ao Rio Mampituba, de Torres até as proximidades da Lagoa do Forno. Além destes percursos, outros pontos foram visitados nos demais municípios que compõem a região, a fim de esclarecer dúvidas relacionadas a cobertura e uso do solo. Algumas imagens e observações podem ser vistas no Apêndice A.

Observou-se nas áreas de depósitos lagunares, próximo a Lagoa dos Barros, o plantio de arroz do tipo pré-germinado e criação de gado para corte e/ou leiteiro. Nas áreas de depósitos eólicos de dunas litorâneas, situadas próximas a Lagoa dos Barros, ocorre policultura, como feijão, alho, milho, aipim e cebola. Nos depósitos praias inter-marés, parcialmente recobertos por depósitos eólicos, há atividade de silvicultura com *Pinus eliotis* e *eucalipto sp*. Nesta mesma feição, é desenvolvida a cultura de abacaxi, feijão, milho, alho, cebola e aipim.

As áreas de depósitos marinhos praias, próximos aos cordões de dunas litorâneas, são utilizados para campos de pousio, criação de gado e algum plantio de mandioca e milho como silagem para o gado. As rebordas de terraço ao redor da Lagoa do Jacaré, são utilizadas para o plantio de arroz. Nos depósitos marinhos praias e depósitos lagunares, incluindo depósitos fluviais e de retrabalhamento fluvial, próximo ao rio Mampituba, há plantio de cana, arroz e criação de gado.

Os vales onde há depósitos de encosta incluindo talus e leques aluviais, são utilizados por hortigranjeiros que cultivam alface, beterraba, couve-flor, cenoura, tomate, repolho, com a introdução, em algumas áreas, de plantio de cítricos e pêssego. Há também a criação de gado, suínos e aves.

Nas áreas de encostas do planalto, em toda a extensão de Osório a Torres, o cultivo de banana ocupa grande parte desta região, estando a mata nativa bastante descaracterizada. Somente em algumas áreas do topo do planalto, ainda são localizadas áreas de mata nativa.

4. ANÁLISE DO POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVÁVEL DA PCNRS

O grande potencial do SIG é o fato de ser caracterizado como ferramenta de apoio à decisão, principalmente em projetos de localização de áreas para determinadas atividades, o que envolve uma variedade de critérios. Nesse contexto, o SIG pode contribuir com a realização de avaliações complexas, através da geração de informações derivadas e da integração de dados para análise.

A partir da apreciação dos mapas temáticos confeccionados em ambiente SIG, foram realizadas análises para determinar as possibilidades de uso de energias renováveis na área. Algumas hipóteses foram levantadas, seguindo-se a elaboração de mapas para a PCNRS.

4.1 Energia solar

O Mapa de Insolação é um dado preliminar para análise de energia solar fotovoltaica, pois para o aproveitamento energético é preciso considerar disponibilidade da radiação solar (energia total incidente) que depende das condições atmosféricas (nebulosidade, temperatura, umidade relativa do ar) e da latitude do local. Estes fatores são importantes para maximizar o aproveitamento da radiação solar, ajustar a posição do coletor ou painel solar de acordo com a latitude local e o período do ano em que se requer mais energia.

O Mapa de Radiação Solar Média Anual Diária, produzido a partir do estudo de Martinazzo (2004), é um dado relevante a ser integrado ao mapa de insolação construído, com vistas a aprofundar o estudo do potencial para uso de energia solar na área de estudo. Segundo esse estudo, a radiação solar para a região apresenta duas classes de valores: 13MJ/m^2 e 14MJ/m^2 , o que é confirmado pelo Atlas Solarimétrico do Brasil e pelos dados de estações agroclimatológicas da FEPAGRO, que registram uma radiação solar global média diária de $13,18\text{ MJ/m}^2$. Assim, as

informações se complementam, já que o estudo de Martinazzo não considera a posição da vertente.

A integração das informações do *Modelo de Insolação* e do *Mapa de Radiação* foi elaborada por meio de diversos cruzamentos do tipo *booleano*, face à simplicidade dos critérios e ao reduzido número de variáveis envolvidas. O método *Booleano* caracteriza-se por um cruzamento do tipo rígido, ou seja, uma dada área pertence ou não pertence totalmente a uma determinada categoria e o PI é expresso de forma binária, com cada pixel associado a um valor numérico 0 ou 1. A vantagem do método *booleano* é a simplicidade, pois sua álgebra utiliza os ponderadores lógicos de intersecção (“E”), e/ou de união (“OU”). Assim, cada classe de vertente foi associada a um valor de radiação solar. A operação de cruzamento priorizou o critério de posição das vertentes, pois esta exerce maior influência no aproveitamento energético e apresenta um comportamento mais heterogêneo ao longo da região de estudo. Ou seja, na prática, um mesmo valor de radiação apresenta diversos graus de potencial para energia solar, de acordo com a orientação da vertente. O Quadro 10 descreve os critérios utilizados para definir o potencial de energia solar, no contexto das variáveis regionais. Estes procedimentos resultaram em um mapa contendo classes de potencial para aproveitamento da energia solar, para toda a área de estudo, conforme apresentado na Figura 27.

Potencial para Energia Solar	Descrição do Cruzamento Vertente + Radiação
Muito Alto	Plano + 14
Alto	Plano + 13
Médio	Norte + 14
Baixo	Norte + 13
Muito Baixo	Sul + 14
Inadequado	Sul + 13

Quadro 10: Critérios para definição de classes de potencial para energia solar.

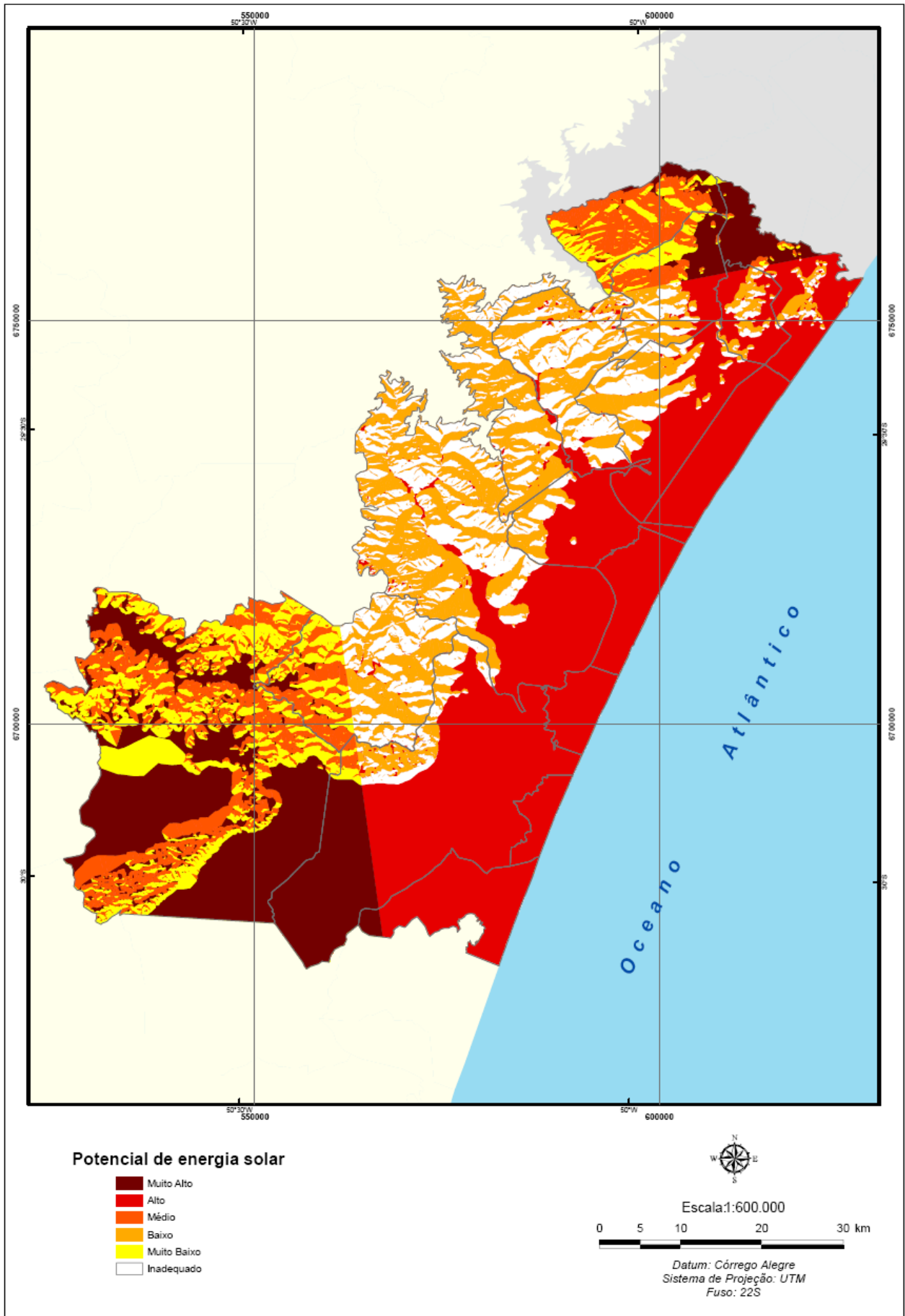


Figura 27: Potencial de energia solar na área de estudo

A informação produzida foi analisada, visando estabelecer um quadro geral do potencial dos municípios para utilização desta fonte energética. Na prática, utilizou-se o SIG para examinar, em nível municipal, a predominância das classes obtidas em nível regional. As diversas ferramentas de análise empregadas nesta operação estão disponíveis no módulo *SPATIAL ANALYST* do SIG Arc Gis 9.2. O resultado é a elaboração de um mapa indicativo do perfil dos municípios para aproveitamento da energia solar (Figura 28).

É preciso considerar diversos fatores que interferem na utilização desta fonte de energia. Os aspectos favoráveis da energia fotovoltaica relacionam-se à produção limpa e permanente, com eficiência energética, já que este sistema reduz quase que completamente a perda de energia devido a proximidade entre a geração e o consumo. O sistema não apresenta desgaste, pois não há equipamento móvel, com vida útil superior a 25 anos, de fácil instalação, não exigindo manutenção, podendo funcionar de forma associada a outras tecnologias. As principais limitações são a autonomia do sistema de até quatro dias sem insolação e a vida útil das baterias de cinco anos.

O custo de instalação do sistema, calculado no ano de 2008 (MATTUELLA, 2008), é R\$ 7.915,00, para geração de 30 kWh/mês (iluminação de residência com 15 lâmpadas fluorescentes de 11W, operando 2 h/dia; aparelho de som de 10W operando 1h/dia; televisor colorido de 50W operando 3 h/dia e aparelhos eletrodomésticos de baixa potencia incluindo bomba d'água). O custo de implantação do sistema pode ser considerado elevado para grande parcela da população mas, por outro lado, há diversos programas de incentivo à utilização de energias renováveis, a mencionar o Programa de Incentivo às Fontes Renováveis de Energia Elétrica (PROINFRA). Trata-se de um programa do governo federal, com vistas à diversificação da matriz energética nacional, destinado aos municípios para investirem na melhoria da qualidade de vida, mediante a reestruturação de sua infra-estrutura. O Programa, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), estabelece a contratação de 3.300 MW de energia no Sistema Interligado Nacional (SIN), produzidos por fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), sendo 1.100 MW de cada fonte. O programa garante a compra de energia por preço capaz de viabilizar os empreendimentos (MME, 2002).

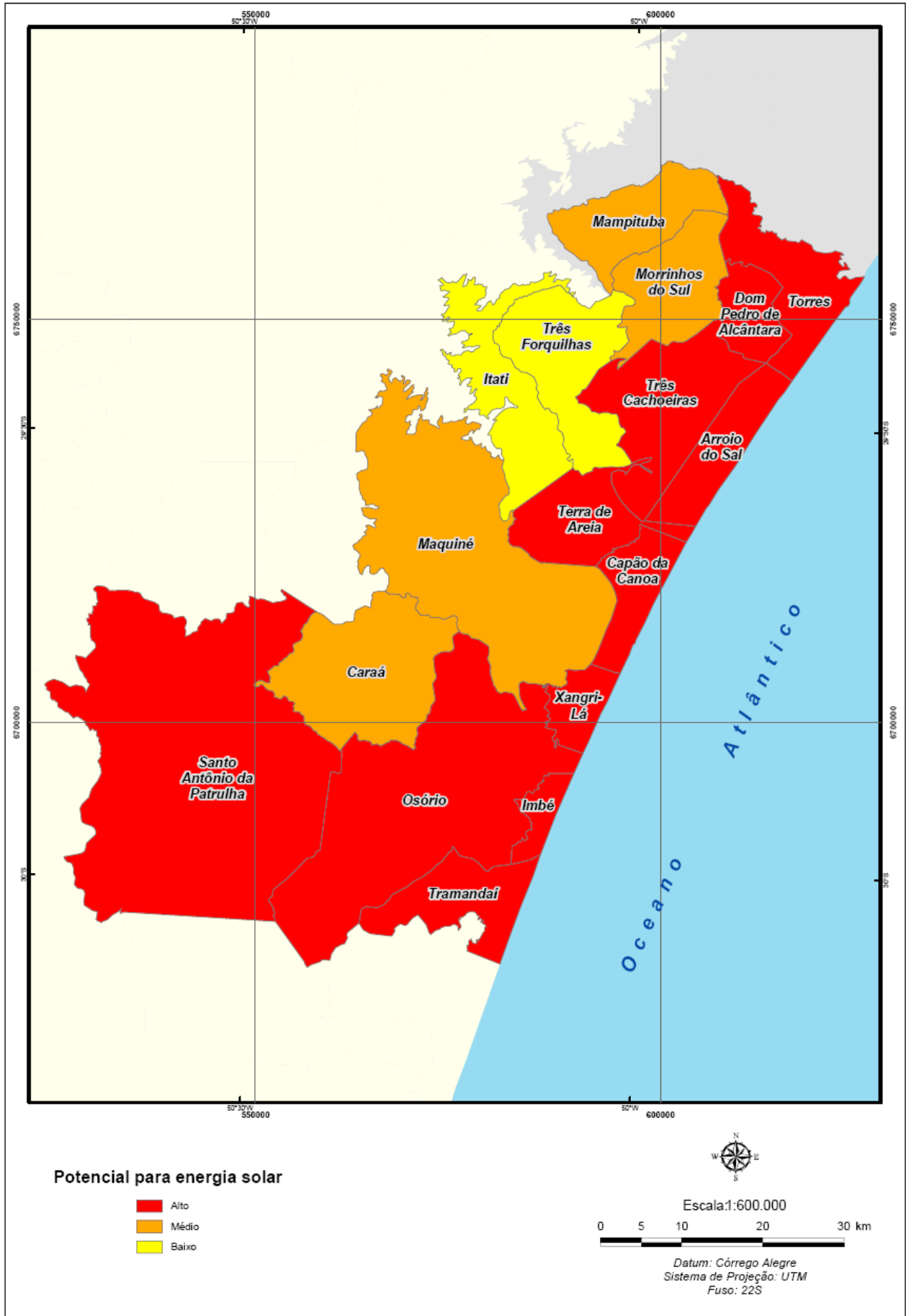


Figura 28: Perfil dos municípios para aproveitamento de energia solar

4.2 Potencial para PHs

O processo para instalação de PHs é composto por diversos estudos para verificação de locais apropriados e da viabilidade econômica do empreendimento. A etapa de verificação de locais com potencial inicia com a consulta dos inventários produzidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). No entanto, os levantamentos realizados não abrangem a totalidade dos recursos hídricos, principalmente no que diz respeito àqueles com pequeno potencial ou à análise de trechos reduzidos de um recurso hídrico (ELETROBRÁS, 2000). Nestes casos, podem ser realizados inventários simplificados para empreendimentos com geração de energia até 30MW.

Os recursos hídricos da região não constam de forma integral nos estudos da ANEEL, portanto, para instalação de empreendimentos desta natureza, é necessário realizar o inventário simplificado de forma a levantar os melhores sítios aproveitáveis. Um processo de inventário tem como base metodológica a análise de diversos critérios, tanto de valoração do ambiente com relação aos diferentes graus de restrições e implantação de obras, como consideração de critérios econômicos de tomada de decisão (TIAGO FILHO *et al*, 2008). A energia assegurada de uma PH pondera fatores ambientais como a queda disponível, vazão do curso d'água, área de drenagem da bacia e fatores operacionais, como paradas programadas e não programadas e arranjo central.

Neste sentido, foi realizada uma avaliação das informações do banco de dados produzido e aplicadas ferramentas de SIG para detecção de áreas com potencial para PHs. As análises visam determinar as características físicas de localização para empreendimentos desta natureza, considerando a topografia favorável para implantação de barramentos e a respectiva área de contribuição. Estes dois fatores foram observados sobre o MNT integrado à Hidrografia, resultando em 12 áreas adequadas a esta finalidade, conforme apontados no mapa de zonas potenciais para PHs (Figura 29). A Figura 30 mostra um recorte para o município de Maquiné e o detalhe de um dos locais selecionados, com a representação da área de drenagem de um possível aproveitamento. A Figura 31 apresenta o modelo de elevação com a sobreposição das curvas de nível, indicando a possível localização do barramento, na área de detalhe de município de Maquiné.

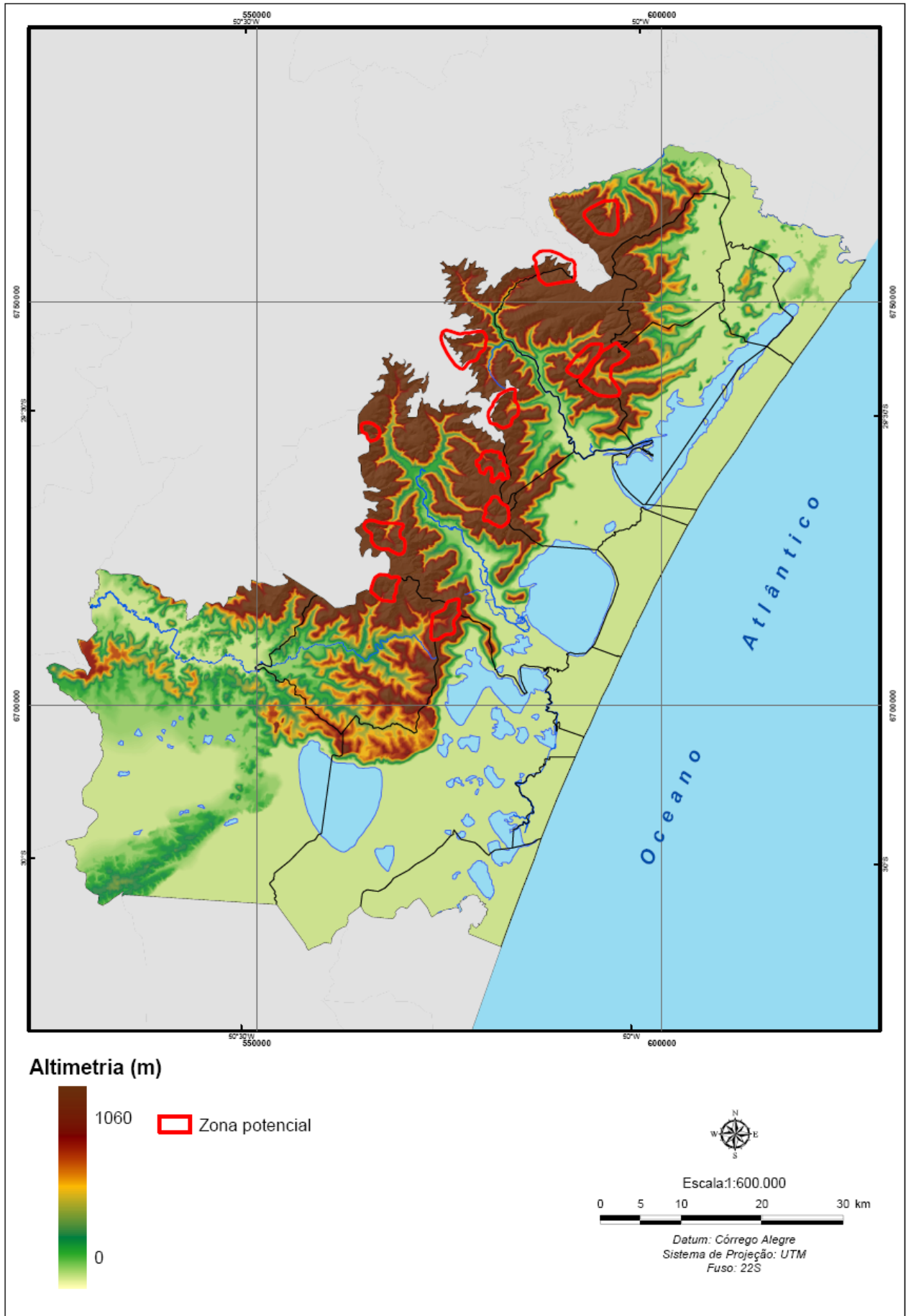


Figura 29: Zonas Potenciais para PHs

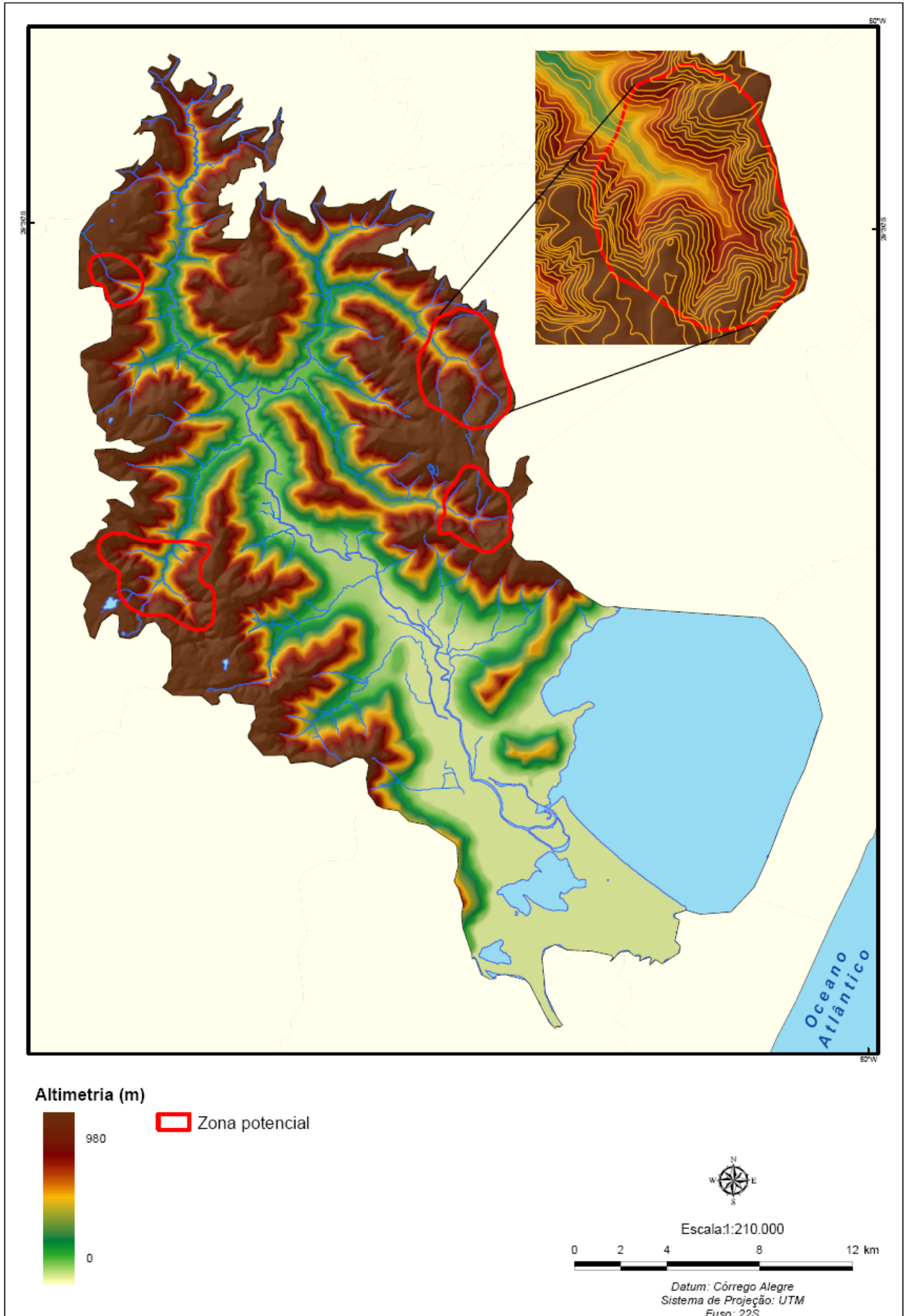


Figura 30: Município de Maquiné - Zonas Potenciais para PHs

A localização do barramento leva em consideração a conformação topográfica do terreno favorável, procurando otimizar a relação entre as características físicas do eixo e as necessidades deste tipo de obra, buscando acumulação de água necessária, com a menor extensão de barragem e área alagada possível. A escolha do local se deu através da análise do maior estreitamento entre as curvas de nível, visando-se menor custo na construção da barragem. Para tanto, o SIG possui ferramentas que determinam a altura, o perfil e o volume da barragem.

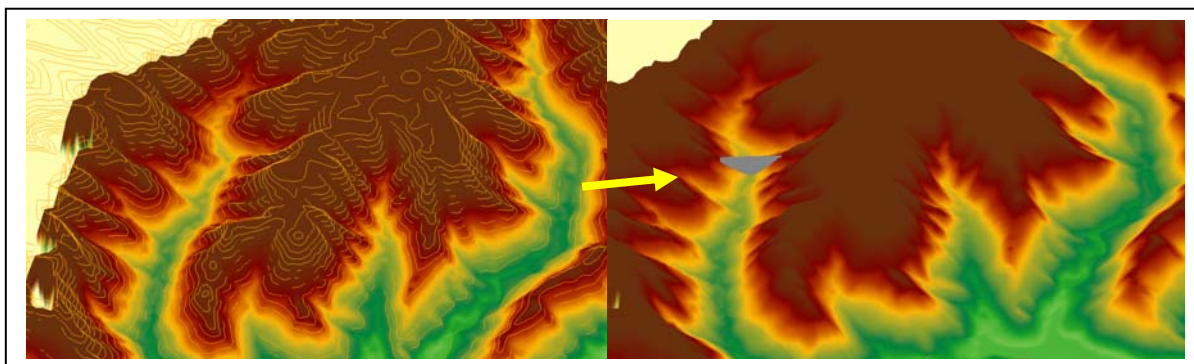


Figura 31: Detalhe da localização de um barramento para PH.

Análises seguintes poderão gerar o perfil transversal do rio no local do possível barramento, com medidas de altitude e comprimento do eixo. A estimativa do volume do barramento pode ser calculada, estabelecendo a cota da crista do barramento, determinando a área do reservatório e sua região de entorno. Para empreendimentos de PHs, a altura do barramento deve ser inferior a 10m (portaria DNAEE no. 109 de 24/12/82) e a área inundada inferior a 13,0km² (resolução ANEEL n.º. 652 de 09/12/03). Convém ressaltar que, de modo a atender ambas as resoluções, foi realizada, em cada uma das áreas indicadas, a simulação da instalação de barramentos com alturas variadas, de modo a não exceder o limite da área do reservatório. Um detalhe desta simulação pode ser visualizado na Figura 32.

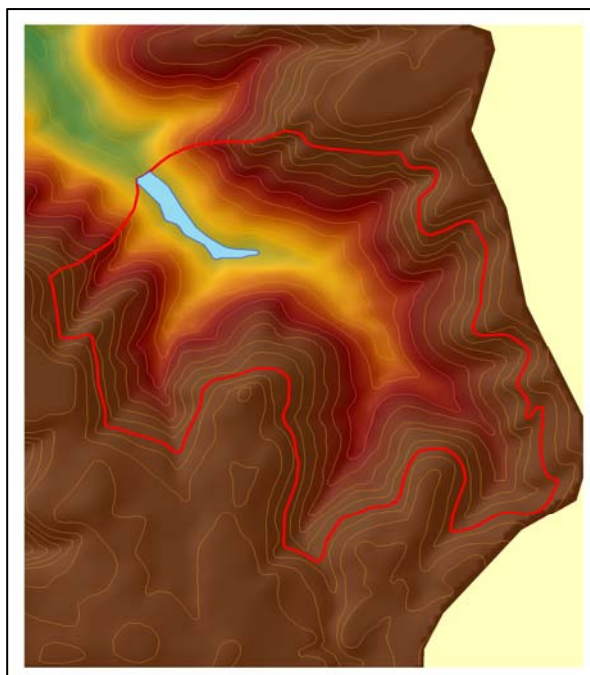


Figura 32: Simulação da localização de um barramento e respectiva área do reservatório.

Após as considerações sobre a metodologia e da indicação das áreas potenciais, os municípios são classificados de acordo com o potencial para empreendimentos de PHs. O resultado é mostrado na Figura 33.

Outras informações podem ser inseridas sobre o mapa de zonas potenciais, como estimativas de vazão produzidas pelas estações fluviométricas e pluviométricas gerenciadas pela Agência Nacional das Águas (ANA). O inventário de estações está disponível para consulta *online* em um programa denominado HidroWeb⁴. Outra fonte de informações é o Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (SIGEL), disponibilizado na página da *internet* da ANEEL⁵. Trata-se de um banco de informações georreferenciadas contendo a localização de estações fluviométricas, pluviométricas, sedimentológicas, de qualidade da água, UCs federais, estaduais e municipais, entre outras.

⁴ <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>

⁵ <http://sigel.aneel.gov.br/brasil/viewer.htm>

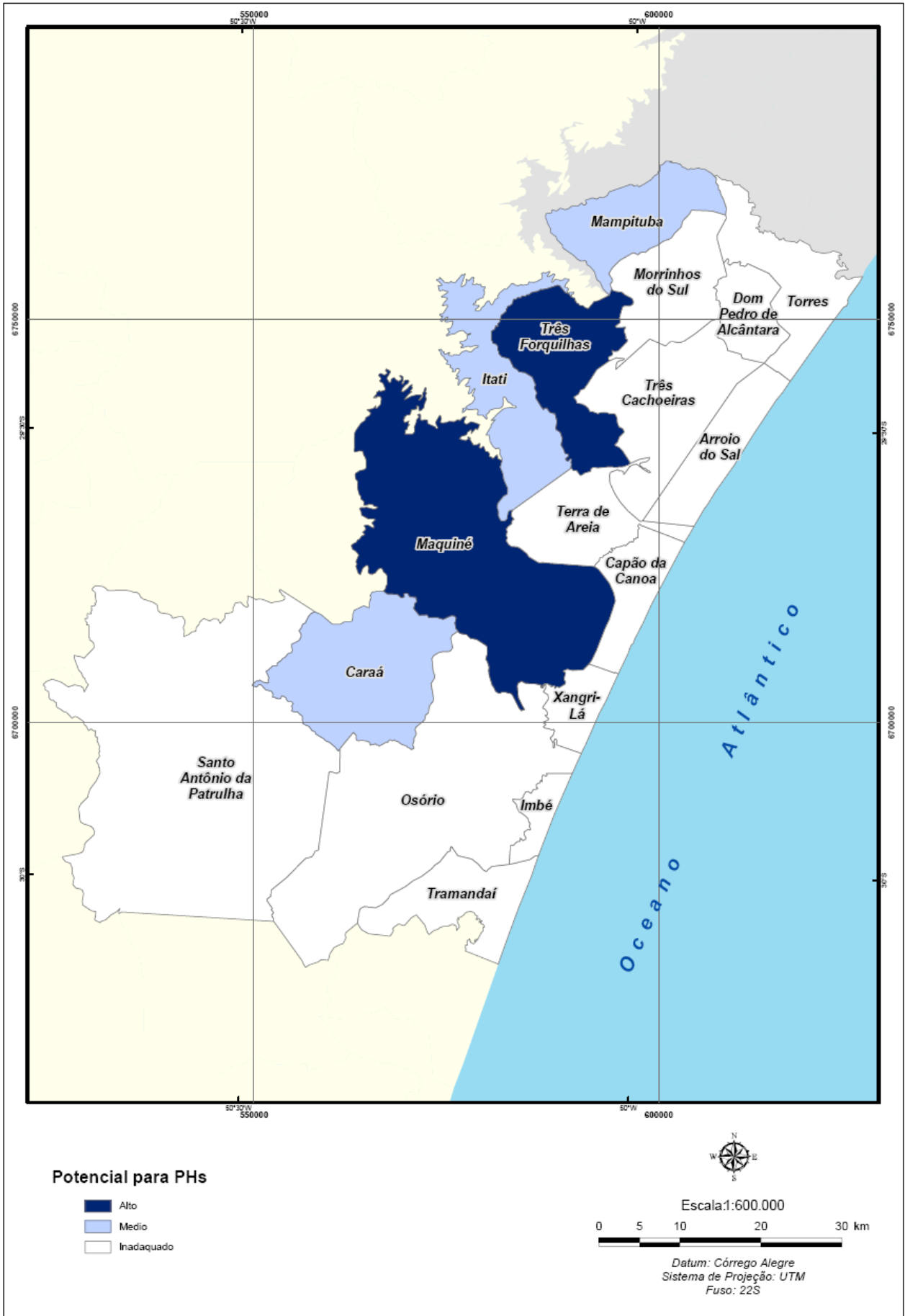


Figura 33: Perfil dos municípios para PHs

Assim como as demais fontes de energia avaliadas nesta pesquisa, camadas de informação como vegetação e uso do solo devem ser sobrepostas para avaliar as restrições e potencialidades à localização deste tipo de empreendimento. Também deverão ser consideradas as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que apresentam diretrizes para a proteção dos recursos naturais e licenciamento de empreendimentos. Uma descrição das resoluções a serem consultadas é apresentada no APÊNDICE B.

Após a análise das restrições, a continuidade do estudo de viabilidade técnica deverá considerar os dados de vazão do curso d'água selecionado. A informação, primeiramente, pode ser consultada junto às estações fluviométricas da ANA, a fim de se obter as séries históricas de vazões dos recursos hídricos. O Quadro 11 ilustra a distribuição das estações fluviométricas e pluviométricas nos municípios da PCNRS.

Municípios	Estações Fluviométricas	Estações Pluviométricas
Arroio do Sal	1	0
Capão da Canoa	0	0
Caraá	0	0
Dom Pedro de Alcântara	0	0
Imbé	1	0
Itati	1	0
Mampituba	0	1
Maquiné	3	3
Morrinhos do Sul	0	0
Osório	4	0
Santo Antônio da Patrulha	0	2
Terra de Areia	1	3
Torres	0	1
Tramandaí	0	0
Três Cachoeiras	0	0
Três Forquilhas	1	0
Xangri-lá	1	0
Total da Região	13	10

Quadro 11: Estações fluviométricas e pluviométricas em operação na área de estudo.
Fonte: Hidroweb ANA, 2009.

Esta informação sobreposta ao Mapa Zonas Potenciais para PHs revela que a maior parte dos locais indicados para aproveitamento não possuem estações fluviométricas. Neste caso, ou quando a quantidade de dados é insuficiente, pode-se

recorrer a diversos métodos para obtenção dos dados. O primeiro é a transposição de vazões, a partir da obtenção da série de vazões do aproveitamento de postos próximos, se possível, no mesmo rio ou bacia hidrográfica. Entre as possibilidades deste método, a mais utilizada é baseada na vazão específica, admitindo-se que em bacias homogêneas, sujeitas ao mesmo regime pluviométrico e com condições topográficas, geológicas e de ocupação do solo semelhantes, as vazões específicas são iguais (PAIVA, *et al* 2001; TUCCI, 2001).

O segundo método de obtenção das vazões trata-se da realização de campanhas hidrométricas, durante o período seco. As medições são realizadas, geralmente, por métodos expeditos (flutuadores ou vertedores). Segundo os Manuais de Micro e Mini Centrais Hidrelétricas (ELETROBRAS, 1985), pode-se adotar como vazão de projeto a vazão mínima medida.

Ricardo (2006) avalia os dois métodos mencionados, utilizando diversas correlações estatísticas. Como resultado, o autor apresenta a comparação entre os métodos e as respectivas estimativas de erro, podendo o analista aplicar o melhor procedimento, de acordo com os dados disponíveis e as características do local em estudo.

4.3 Biomassa

Biomassa é a denominação genérica para as matérias-primas de origem vegetal ou animal que podem ser aproveitadas como fonte de produção de calor, combustível ou eletricidade. A fonte pode ser produzida especificamente para esta finalidade ou podem ser utilizados os resíduos de atividades realizadas no meio rural ou na indústria. Os resíduos agrícolas são aqueles produzidos no campo, resultantes das atividades de colheita. São considerados resíduos florestais aqueles gerados e deixados na floresta como resultado das atividades de extração da madeira. A indústria madeireira, serrarias e mobiliário produzem resíduos a partir do beneficiamento de toras (casca, cavaco, costaneira, pó de serra, maravalha e aparas). As indústrias de alimentos e bebidas produzem resíduos na fabricação de sucos e aguardente (laranja, caju, abacaxi, cana-de-açúcar, entre outros), no beneficiamento de arroz, cana-de-açúcar, milho (palha, bagaço e sabugo).

A partir da análise das informações levantadas da produção agrícola e do mapa de *Uso e Cobertura do Solo* (Figura 21), verifica-se que, na região de estudo, há potencial favorável para a produção de energia pelo processamento dos resíduos gerados pelo agronegócio (atividades agrícolas ou da silvicultura). O aproveitamento dos resíduos é uma fonte especialmente importante no contexto regional, pois representa uma alternativa econômica para aumento da renda dos produtores rurais.

O mapa de *Uso e Cobertura do Solo* mostra a localização de usos agrícolas e das atividades de silvicultura que podem fornecer matéria-prima. Estas classes foram selecionadas para compor um mapa de Biomassa – agricultura e silvicultura (Figura 34). A área ocupada por cada cultivo é apresentada no Quadro 12. Esta informação, aliada aos dados estatísticos da produção, representa o primeiro passo para avaliação do potencial. Adicionalmente, outros locais para produção podem ser levantados em função das características ambientais e geográficas, analisando-se os mapas produzidos, como geologia, MNT, hidrografia, entre outros.

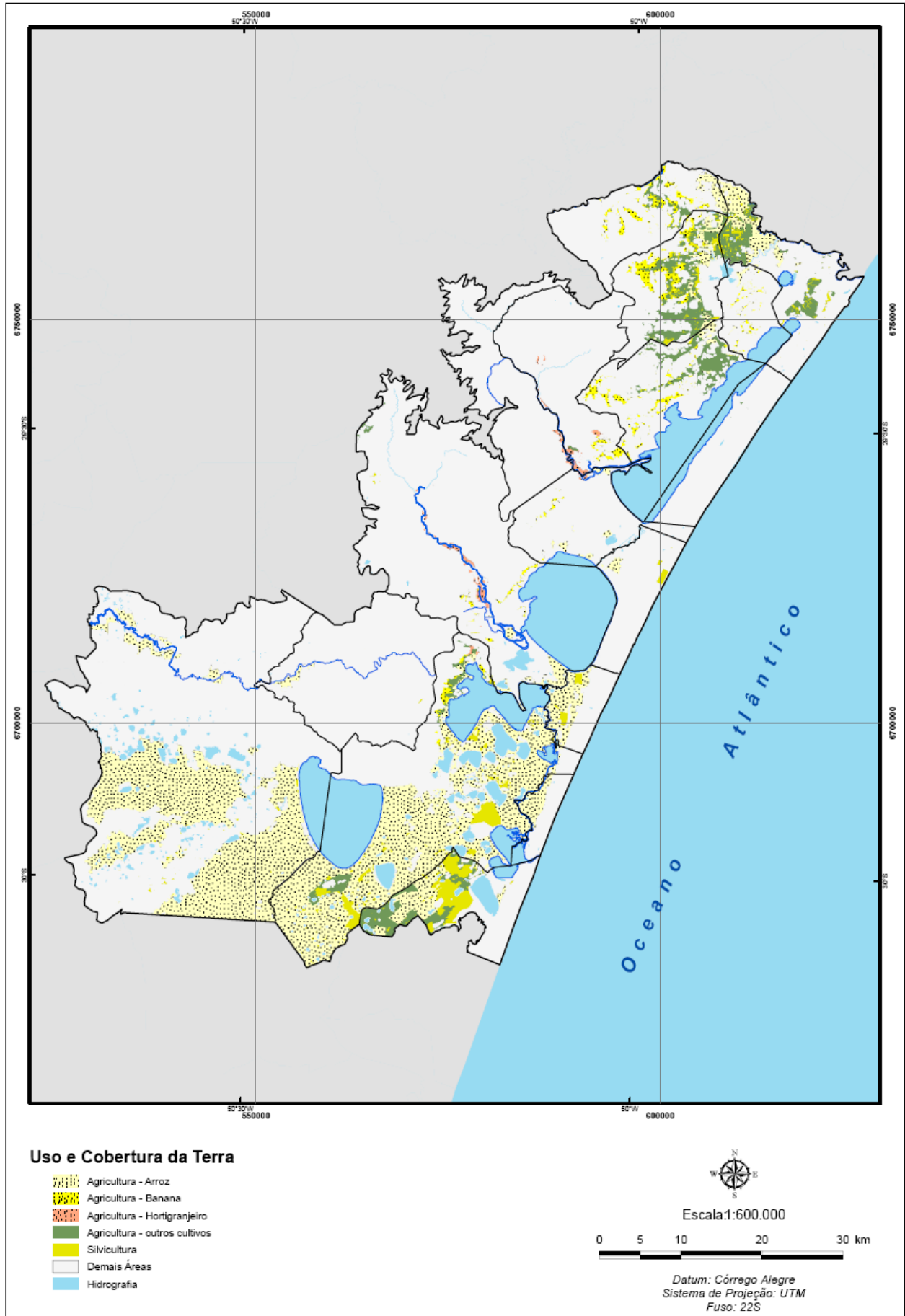


Figura 34: Biomassa: Agricultura e Silvicultura

Classes de biomassa	Área (ha)	Percentual (%)
Agricultura - Arroz	83.377,07	67,58
Agricultura - Banana	12.455,12	10,09
Agricultura - Hortigranjeiro	2.398,05	1,943
Agricultura - outros cultivos	16.411,23	13,30
Silvicultura	8.733,644	7,07
Total	123.375,13	100

Quadro 12: Classes de biomassa e área ocupada com relação à região

A partir da identificação e localização das fontes produtoras de biomassa na PCNRS, passou-se para a sua avaliação em termos de distribuição e predominância, em nível municipal. O Quadro 13 apresenta a distribuição das fontes, listadas em ordem de área ocupada, em cada município. De modo a criar um perfil dos municípios quanto às biomassas produzidas, foram agrupadas as classes de mesma natureza, utilizando-se o critério qualitativo e não a ordem hierárquica. Obteve-se, então, um mapa representativo do perfil das fontes de biomassa nos municípios (Figura 35).

Município	Predominância de classes de biomassa
Arroio do Sal	Nenhuma
Capão da Canoa	Silvicultura – Arroz
Caraá	Arroz
Dom Pedro de Alcântara	Banana – Arroz
Imbé	Arroz
Itati	Hortigranjeiros - Silvicultura
Mampituba	Banana – Arroz - Outros cultivos
Maquiné	Arroz - Hortigranjeiros – Banana
Morrinhos do Sul	Outros cultivos – Banana – Arroz
Osório	Arroz – Silvicultura – Banana
Santo Antônio da Patrulha	Arroz – Silvicultura
Terra de Areia	Arroz – Banana
Torres	Arroz - Outros cultivos - Silvicultura
Tramandaí	Arroz - Outros cultivos – Silvicultura
Três Cachoeiras	Outros Cultivos - Banana – Arroz
Três Forquilhas	Banana – Hortigranjeiros - Outros cultivos
Xangri-lá	Arroz – Silvicultura

Quadro 13: Distribuição por municípios das classes predominantes de biomassa

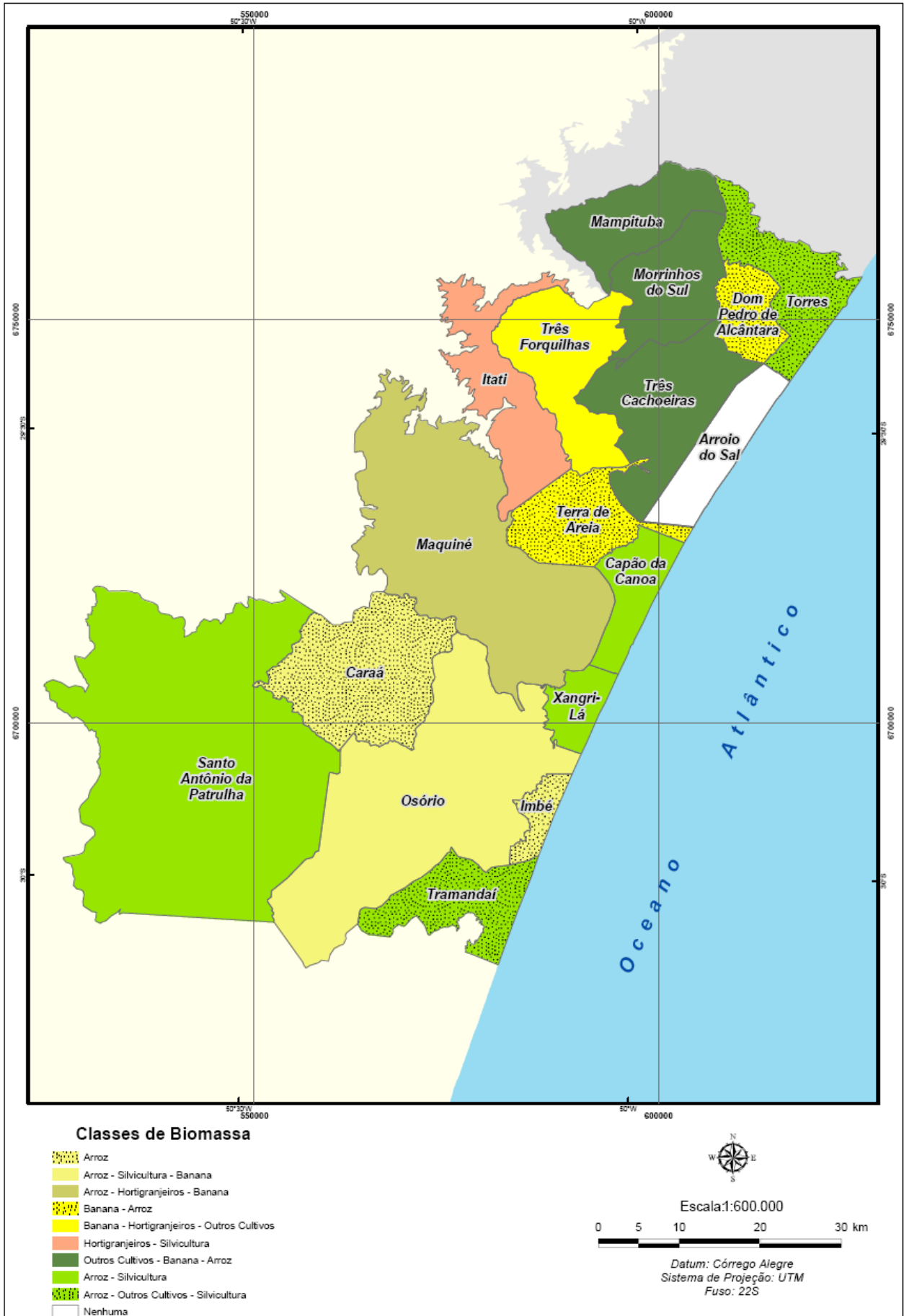


Figura 35: Perfil das fontes de biomassa dos municípios da área de estudo

A partir do conjunto de informações produzidas, pode-se elaborar um perfil indicativo do potencial de geração de energia a partir da biomassa, de acordo com a representatividade das culturas no contexto municipal e regional. Este critério foi implementado em ambiente SIG, relacionando-se a área ocupada pelas fontes de produção de biomassa com as duas escalas de análise. Deste modo, uma variável com pequena expressão no limite municipal pode revelar maior significância, se comparada ao contexto regional, como é o caso do município de Maquiné. Segundo este parâmetro, os municípios foram classificados em níveis de potencial para geração de energia de biomassa, conforme visualizado na Figura 36.

Combinando-se os três mapas gerados, observa-se que nos municípios de alto potencial predominam, de forma geral, as classes arroz, outros cultivos e silvicultura. Os municípios considerados de potencial médio para produção de energia de biomassa, têm, em suas áreas, a dominância das classes arroz, banana e silvicultura. Ainda, os considerados de baixo potencial combinam uma menor diversificação de classes de biomassa, entre elas, destacam-se banana, hortigranjeiros e arroz. Em nível regional, a integração das informações geradas denota a importância da classe arroz, já que esta representa a principal fonte de biomassa em nove municípios e corresponde a 67,85% do conjunto de fontes analisadas.

Estabelecida a identificação e a localização de cada cultura, de modo a complementar o estudo, podem ser calculados a quantidade produzida, a estimativa do resíduo e o potencial para geração de energia de cada cultura, com o respectivo custo de geração. A quantificação dos resíduos rurais é feita com base em “índices de colheita”, que expressam a relação percentual entre a quantidade total de biomassa gerada por hectare plantado de uma determinada cultura e a quantidade de produto economicamente aproveitável.

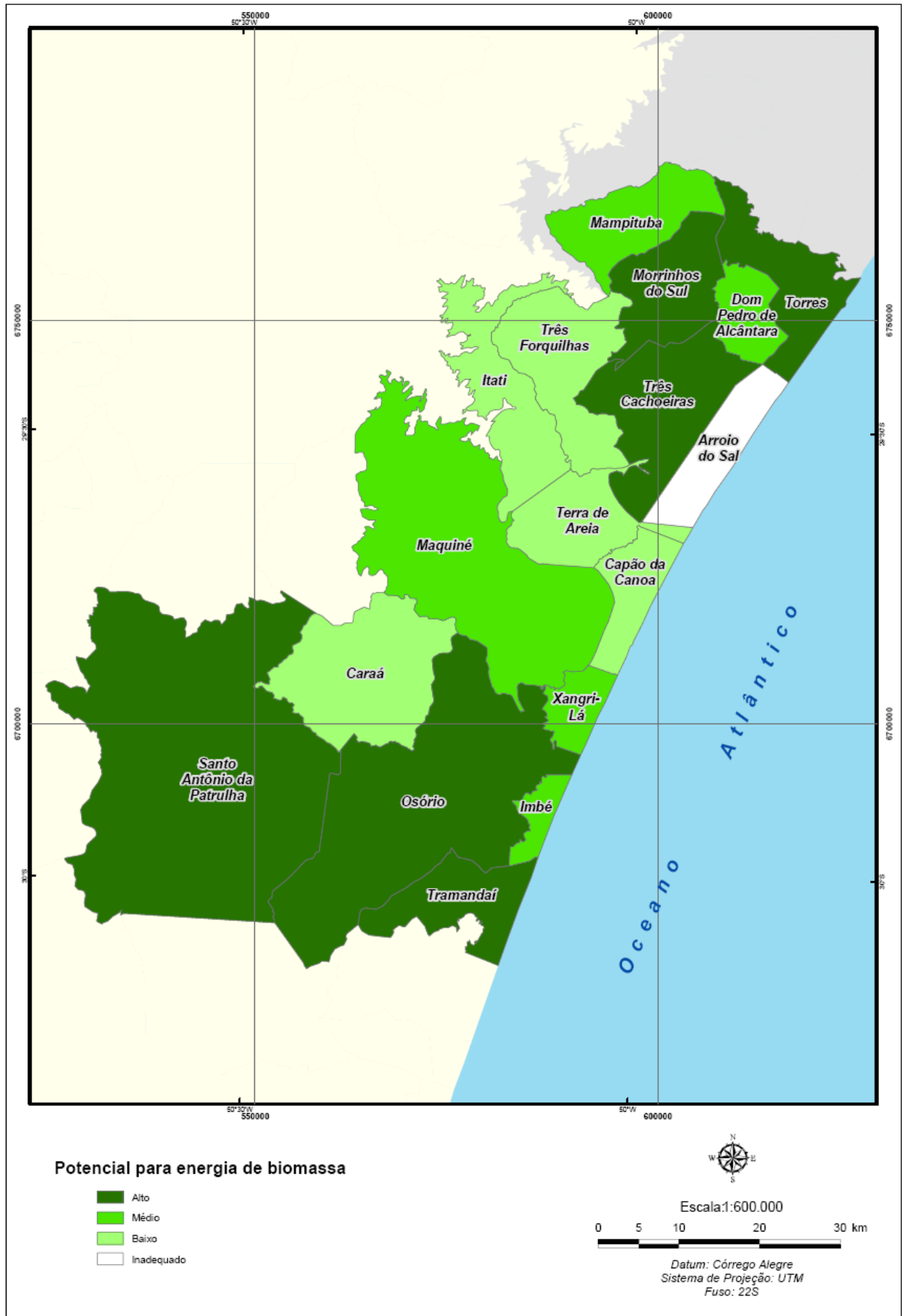


Figura 36: Perfil dos municípios para geração de energia de biomassa

As demais variáveis já foram estimadas em diversos estudos aplicados, desenvolvidos por centros de pesquisas e empresas especializadas no tema. O Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) desenvolveu metodologias de cálculo para conversão energética das diferentes biomassas, como resíduos agrícolas (arroz, amendoim), óleos vegetais, cana-de-açúcar e silvicultura (CENBIO, 2006). Padilha *et al* (2005), apresentam um estudo de potencial de geração de energia elétrica utilizando a biomassa do setor madeireiro. A metodologia aplicada pelos autores possibilita estimar a quantidade de resíduo gerado e, por meio de um *software* desenvolvido para esta finalidade, estima também o potencial energético por co-geração. Ainda, por meio de um SIG, foram calculados os custos de transporte dessa biomassa para comunidades isoladas do sistema de energia elétrica interligado.

4.4 Potencial eólico

Anteriormente à avaliação do potencial eólico, é preciso fazer uma importante observação. Os mapas eólicos elaborados não permitem análises mais aprimoradas em ambiente SIG, em razão da baixa qualidade do dado, obtido no Atlas Eólico do Rio Grande do Sul. Uma alternativa de ampliar as opções de tratamento do dado em questão é a vetorização em classes de potencial, por meio de análise visual. No entanto, optou-se em não realizar este procedimento, em virtude do resultado obtido ser ainda mais dissonante, em qualidade e precisão, com os demais produtos elaborados. Referida esta limitação, passamos aos procedimentos adotados.

A análise inicial do potencial eólico se deu pela combinação de dois fatores: fluxo de potência eólica (a 50m, 75m e 100m de altura) e padrão de relevo. A partir da apreciação dos mapas eólicos e do MNT, observou-se, de forma geral, a predominância dos ventos com velocidade média de 4,0m/s a 5,0m/s nos vales; 5,0m/s a 6,0m/s nas áreas de encosta; 7m/s a 8,5 m/s nas maiores altitudes; 6,0m/s a 8,0 m/s nas áreas planas interiorizadas e 6,5 a 9,0m/s nas áreas planas situadas junto à orla marítima. Assim como a velocidade do vento, o relevo local também é um elemento importante para definir o formato de aproveitamento eólico. De modo a atender esta relação, para cada classe de relevo/velocidade anteriormente referida, foram relacionados os municípios pertencentes, conforme sintetizado no Quadro 14.

MNT	Velocidade do Vento (m/s)	Municípios
Vales	4,0 a 5,0	Caraá Mampituba Maquiné Santo Antônio da Patrulha Terra de Areia Três Cachoeiras Três Forquilhas
Encostas	5,0 a 6,0	Caraá Itati Maquiné Morrinhos do Sul Santo Antônio da Patrulha Três Cachoeiras
Topos de morros	7,0 a 8,5	Caraá Maquiné Três Forquilhas
Planície interior	6,0 a 8,0	Caraá Dom Pedro de Alcântara Osório Santo Antônio da Patrulha Terra de Areia Três Cachoeiras
Planície junto à orla	6,5 a 9,0	Arroio do Sal Capão da Canoa Imbé Osório Tramandaí Xangri-lá Torres

Quadro 14: Relação MNT e velocidade do vento nos municípios da área de estudo.

Posteriormente, foram examinadas as velocidades do vento em cada município, de acordo com suas especificidades, para verificar a viabilidade e o formato de empreendimento eólico. As informações geradas permitem inferências preliminares sobre o tipo de aproveitamento eólico na região. Ao considerarmos que a geração de energia eólica sob a forma de parques necessita de velocidades médias superiores a 7,0m/s e de topografia favorável, fica inviabilizada a instalação de empreendimentos de grande porte naqueles municípios que não atendem este critério. No entanto, alternativas voltadas ao pequeno porte, descritas adiante, podem ser aplicadas em locais de relevo acidentado ou de menores velocidades do vento. Portanto, na região considerada da PCNRS, há potencial para

aproveitamento eólico em toda sua extensão, observadas as especificidades físico-ambientais e a escala de aproveitamento.

Considerando estes fatores, os municípios foram classificados de acordo com a aptidão a cada tipo de aproveitamento. Na categoria parques eólicos estão enquadrados cinco municípios, localizados junto à orla marítima, com amplas áreas livres e potencial eólico compatível. Uma segunda categoria, denominada outros formatos, foi criada para abranger os municípios que apresentam potencial menor ou relevo desfavorável à implantação de parques. Este é o caso dos municípios Dom Pedro de Alcântara e Morrinhos do Sul, inseridos nessa classe devido à baixa velocidade do vento, mesmo em altura de 100m. Também pertencem a esta categoria, os municípios que possuem velocidades do vento elevadas, no entanto, elas ocorrem no topo de morros, onde há predominância de mata nativa (Maquiné e Três Forquilhas), ou junto a áreas urbanas e campos de dunas (Torres). Uma terceira situação é encontrada no município de Osório, que apresenta variação do vento conforme a altura de medição, o que torna possível a implantação de diferentes escalas de aproveitamento.

O resultado destas análises foi integrado no mapa do perfil dos municípios de acordo com classes indicadas de aproveitamento eólico, ilustrado na Figura 37.

Atualmente, existem formatos de aproveitamento eólico para aplicações em diversas escalas. No Brasil há tecnologia disponível comercialmente para geração de energia elétrica em pequena escala, caracterizada pela potência máxima de unidades de KW, utilizadas principalmente em propriedades rurais para o consumo local. Alguns dos sistemas desenvolvidos utilizam pequenos cataventos para geração de energia mecânica aplicada em sistemas de bombeamento, irrigação, eletrificação rural ou carregamento de baterias. Estes sistemas isolados requerem velocidade média do vento mínima entre 3,5m/s a 4,5m/s, de modo a garantir a viabilidade técnica e econômica.

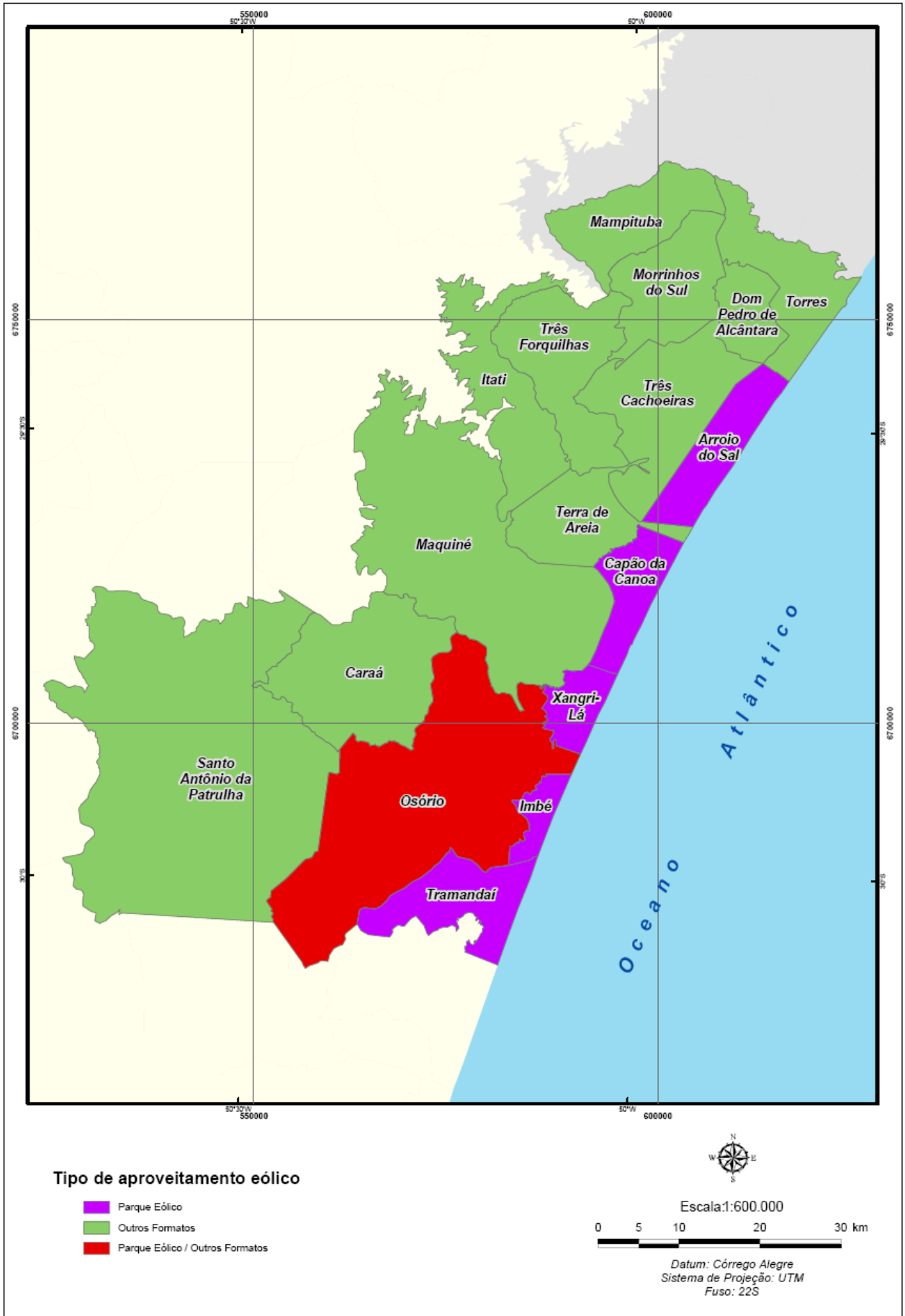


Figura 37: Perfil dos municípios para aproveitamento de energia eólica

Estudos desenvolvidos pela COPEE/UFRJ⁶, CBEE⁷, CRESESB⁸ e UFRGS demonstram a viabilidade econômica considerando o médio prazo. Um exemplo aplicado foi desenvolvido pela empresa Hypergolic em parceria com a UFRGS. Trata-se de um gerador eólico de pequeno porte capaz de produzir cerca de 180 KWh/mês com ventos de 5,5m/s, em média. A energia gerada possibilita abastecer uma residência de porte médio e armazenamento em baterias por até 3 dias. O custo do sistema calculado em 2002 atingia o valor que oscilava entre os R\$ 12 mil a R\$ 15 mil, metade do preço de um similar importado (SEBRAE, 2007).

Em vista do exposto e das informações produzidas, a melhor alternativa de aproveitamento eólico na maioria dos municípios parece estar pautada na pequena escala, com turbinas de menor potência, para geração e consumo de energia em propriedades locais. Nesta situação, os dados aqui apresentados podem ser complementados com estudos relacionados à medição local do vento, às estimativas de intensidade e periodicidade e à avaliação mais detalhada das barreiras físicas.

4.5 Perfil do potencial das energias renováveis da PCNRS

A análise do potencial energético renovável da PCNRS é desenvolvida a partir do banco de dados produzido, por meio da execução de procedimentos computacionais, com ferramentas para seleção espacial, análise de atributos, reclassificação e cruzamento. A seqüência de métodos adotados segue um raciocínio lógico para combinação das informações georreferenciadas, tendo em vista a criação de um quadro geral, por meio de análises qualitativas e quantitativas, das fontes energéticas predominantes, da diversificação da matriz energética e do potencial de aproveitamento.

O fundamento do critério considerado para elaborar um perfil de fontes renováveis é a presença destas em cada no município e, dentro deste, o seu grau de aptidão (ou potencial). Assim, de acordo com os mapas anteriormente produzidos, para cada município foi relacionada a aptidão à cada uma das fontes, conforme o Quadro 15.

⁶ Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia/Universidade Federal do Rio de Janeiro

⁷ Centro Brasileiro de Energia Eólica

⁸ Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito

Município	Aptidão às fontes renováveis de energia			
	Biomassa	PH	Solar	Eólico
Arroio do Sal	Inadequado	Inadequado	Alto	Parques
Capão da Canoa	Baixo	Inadequado	Alto	Parques
Caraá	Baixo	Médio	Médio	Outros formatos
Dom Pedro de Alcântara	Médio	Inadequado	Alto	Outros formatos
Imbé	Médio	Inadequado	Alto	Parques
Itati	Baixo	Médio	Baixo	Outros formatos
Mampituba	Médio	Médio	Médio	Outros formatos
Maquiné	Médio	Alto	Médio	Outros formatos
Morrinhos do Sul	Alto	Inadequado	Médio	Outros formatos
Osório	Alto	Inadequado	Alto	Parques/outros formatos
Santo Antônio da Patrulha	Alto	Inadequado	Alto	Outros formatos
Terra de Areia	Baixo	Inadequado	Alto	Outros formatos
Torres	Alto	Inadequado	Alto	Outros formatos
Tramandaí	Alto	Inadequado	Alto	Parques
Três Cachoeiras	Alto	Inadequado	Alto	Outros formatos
Três Forquilhas	Baixo	Alto	Baixo	Outros formatos
Xangri-lá	Médio	Inadequado	Alto	Parques

Quadro 15: Síntese da aptidão das fontes de energias renováveis, em nível municipal

A elaboração do perfil das fontes energéticas renováveis, na prática, se dá pela criação de um arquivo de regras em SQL (*Structured Query Language*), descrevendo as seleções na tabela associada aos PIs, de modo a gerar um atributo de avaliação da aptidão à cada fonte. A aplicação das regras para o cruzamento dos PIs compreende um processo de seleções sequenciais por características dos atributos da tabela associada aos PIs de cada fonte, de forma restritiva (classes de aptidão baixa e/ou inadequada) ou favorável (classes média e alta). Na Figura 38, é ilustrado, como exemplo, a organização adotada para as regras da fonte biomassa, tendo por base as características apresentadas no Quadro anterior, e os respectivos comandos em SQL, para selecionar os municípios que apresentam aptidão a esta fonte. Cabe ressaltar que foram excluídas as classes de baixa aptidão e aquelas cuja avaliação foi inadequada para o estabelecimento de uma análise quantitativa representativa, de forma a transformar a informação num resultado qualitativo de fácil representatividade cartográfica.

```
linha 01 - "select biomassa.pat  
linha 02 - reselect = 'inadequado' or 'baixo'  
linha 03 - move 'inadequado' and 'baixo' to inapto  
linha 04 - reselect = 'medio' or 'alto'  
linha 05 - move 'medio' and 'alto' to apto
```

Figura 38: Exemplo da organização de regras para seleção SQL

A linha 1 seleciona na base de dados o mapa a ser avaliado. A segunda linha restringe classes de aptidão baixa e inadequada e as move para a classe inapto. A linha 3 seleciona as classes de médio e alto potencial, reclassificando-as para a classe apto. Assim, sucessivamente, o procedimento foi aplicado para as fontes solar e PH. O PI resultante da regra de cruzamento adotada foi integrado, por um *OVERLAY*, às classes de aproveitamento eólico, já que esta fonte de energia ocorre, em um ou outro formato, em todos os municípios da região. O produto final é um mapa representativo das fontes de energia renováveis dos municípios, exposto na Figura 39.

De modo a gerar uma informação que apresente a diversificação da matriz energética renovável passível de ser utilizada, os municípios foram reclassificados, a partir do mapa anterior, pela atribuição de pesos de acordo com a quantidade de fontes encontradas. Os pesos foram convertidos para índices qualitativos, conforme apresentado na Figura 40.

A avaliação do potencial de aproveitamento se dá pelo cruzamento dos dados, com atribuição de pesos individuais, para cada classe de aptidão às fontes consideradas (derivado do Quadro 15, anteriormente apresentado), resultando no peso final a ser atribuído a cada município. O critério aqui utilizado considera todas as fontes encontradas nos municípios, mesmo aquelas que tiveram associado nível de aptidão baixo, ou seja, uma análise qualitativa para se obter resultado um quantitativo. A correlação de potenciais, fontes e pesos é construída em uma tabela de seleção SQL no SIG, associada a informação espacial da área de estudo (módulo *SPATIAL ANALYST*).

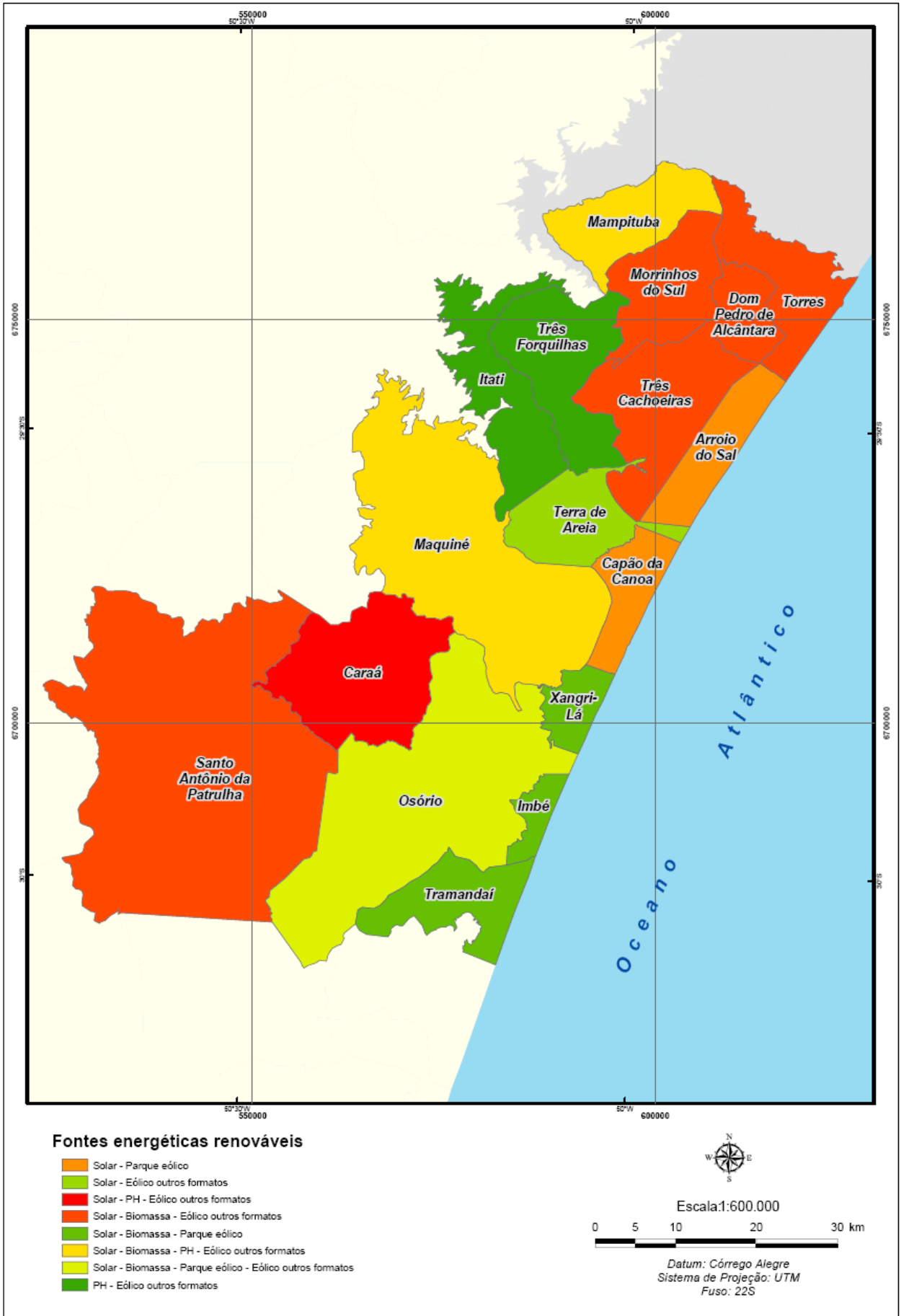


Figura 39: Perfil das fontes energéticas renováveis da PCNRS.

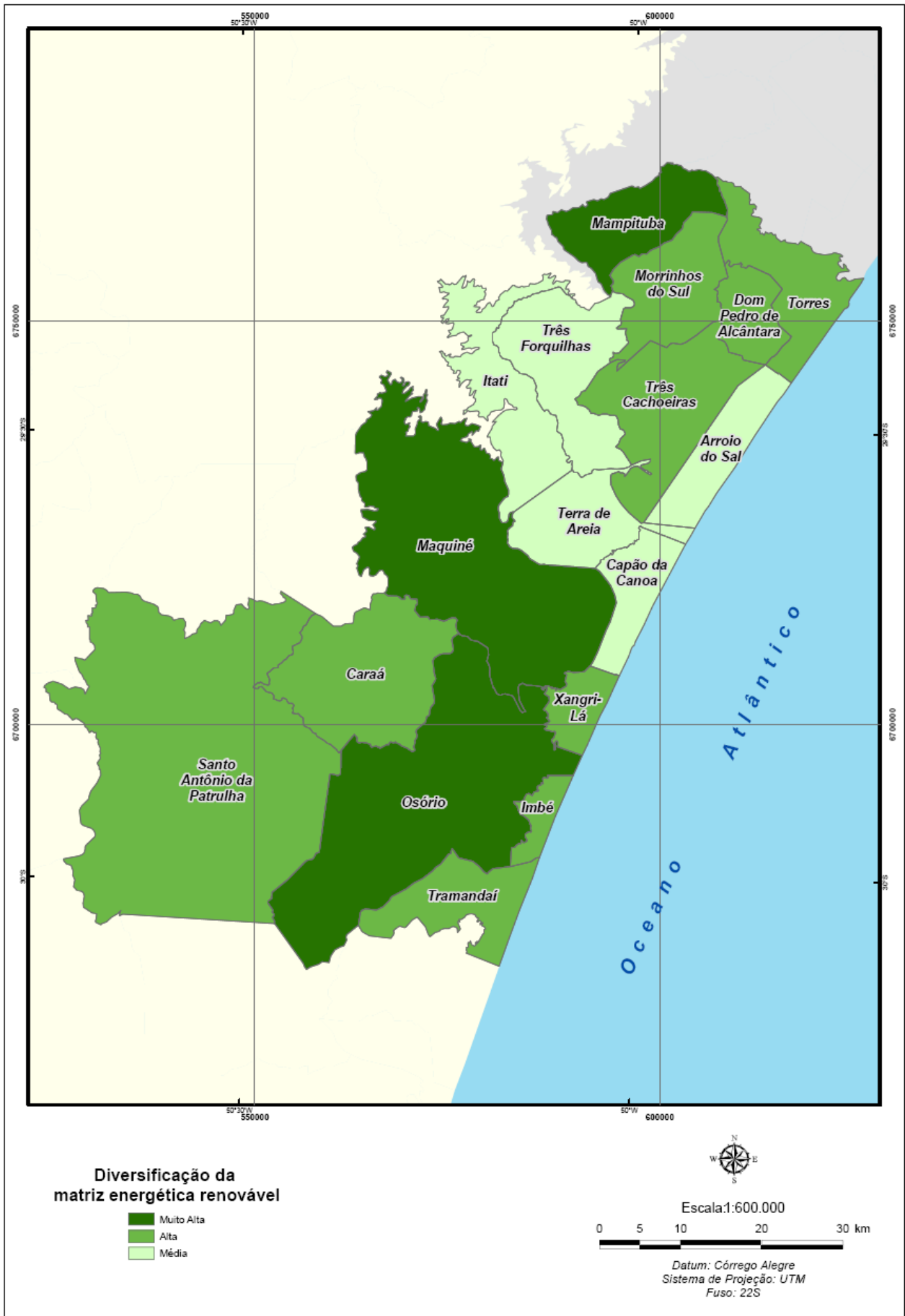


Figura 40: Diversificação da matriz energética renovável da PCNRS

O peso resultante em cada município é, então, convertido para níveis de potencial, agrupando-se os pesos individuais, considerando que o perfil das fontes inclui pelo menos duas categorias em cada município. Outra particularidade é encontrada na quantificação da energia eólica. O menor atributo foi associado à classe *Outros Formatos*, em função da menor capacidade de geração de energia e, o valor intermediário, associado à categoria *Parques Eólicos*, já que esta modalidade de aproveitamento pode gerar energia suficiente para ser distribuída em rede. Por fim, o maior atributo foi associado à classe *Parques Eólicos/Outros Formatos*, em razão da flexibilidade de aproveitamento.

O Quadro 16 apresenta a correlação de pesos incorporada nas análises em ambiente SIG. O resultado do conjunto de procedimentos adotados é um mapa do potencial para aproveitamento das fontes energéticas renováveis na PCNRS (Figura 41).

Município	Pesos atribuídos				
	Biomassa	PH	Solar	Eólico	Σ
Arroio do Sal	0	0	3	2	5
Capão da Canoa	1	0	3	2	6
Caraá	1	2	2	1	6
Dom Pedro de Alcântara	2	0	3	1	6
Imbé	2	0	3	2	7
Itati	1	2	1	1	5
Mampituba	2	2	2	1	7
Maquiné	2	3	2	1	8
Morrinhos do Sul	3	0	2	1	6
Osório	3	0	3	3	9
Santo Antônio da Patrulha	3	0	3	1	7
Terra de Areia	1	0	3	1	5
Torres	3	0	3	1	7
Tramandaí	3	0	3	2	8
Três Cachoeiras	3	0	3	1	7
Três Forquilhas	1	3	1	1	6
Xangri-lá	2	0	3	2	7

Quadro 16: Pesos atribuídos às fontes energéticas

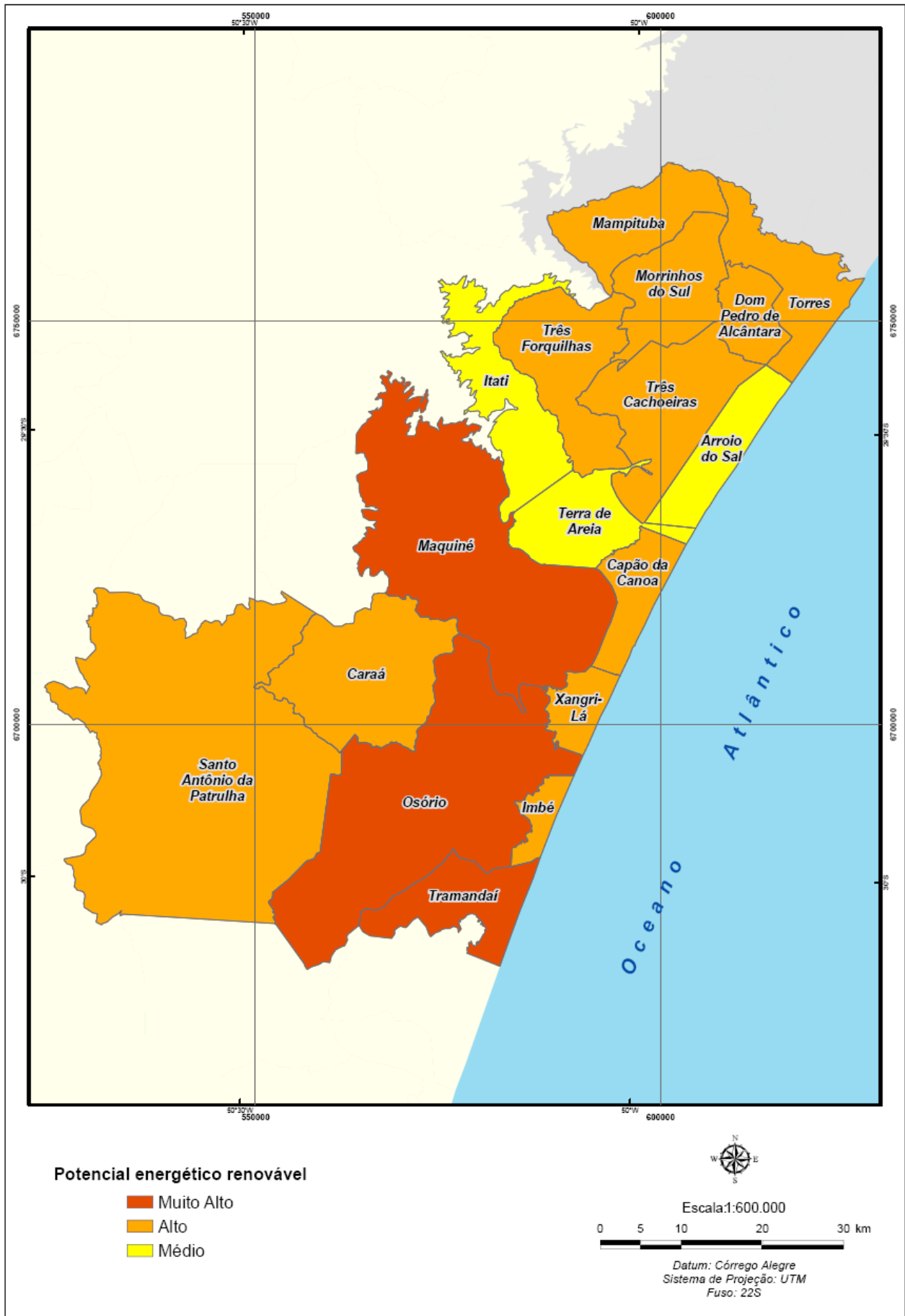


Figura 41: Potencial energético renovável da PCNRS

A análise das fontes renováveis revela que todos os municípios apresentam pelo menos duas fontes energéticas significantes, sendo que na maior parte deles há presença de três. Essa é a razão de não ter sido incluída na representação cartográfica uma classe de baixo potencial.

As fontes mais representativas são a eólica, que ocorre em todos os municípios, e a solar, sendo que esta última apresenta aptidão baixa em apenas dois municípios (Itati e Três Forquilhas). A dominância dessas duas fontes se dá, em parte, devido a suas características que conferem versatilidade ao tipo de aproveitamento, ou seja, podem operar em pequena escala ou para uso local.

A biomassa apresenta razoável distribuição, tanto nos municípios com atividades econômicas voltadas ao meio rural, como naqueles em que predominam as atividades do meio urbano. Nos que predominam atividades rurais, como em Morrinhos do Sul, as fontes de biomassa são mais diversificadas, já nos municípios de perfil urbano, predominam o arroz e a silvicultura. Era de se esperar que todos os municípios de perfil rural apresentassem aptidão para a fonte biomassa, no entanto, isso não ocorreu. Este fato é devido, em grande medida, ter sido constatado que o uso e cobertura do solo nesses municípios está vinculado no maior percentual de área ocupada por classes de mata nativa (floresta ombrófila), como é o caso dos municípios de Caraá, Itati e Três Forquilhas.

A fonte PHs se restringe aos municípios localizados na escarpa da serra geral, como Maquiné e Três Forquilhas, dada as características de topografia favorável.

Merecem destaque os municípios de Maquiné e Mampituba, por apresentarem a maior diversificação das fontes analisadas, em razão da presença acentuada e diversificada das culturas agrícolas, da topografia favorável para a fonte solar e PH, e do potencial do fluxo de potência eólica necessária para aproveitamento em pequena escala. Apesar de Osório não apresentar todas as fontes, também está incluído no nível mais alto de diversificação energética, em função do critério utilizado para enumerar as fontes considerar os dois tipos de aproveitamento eólico encontrados no município.

O mapa de *Potencial das Fontes Energéticas Renováveis* evidencia a importância das fontes analisadas para o contexto regional. Desta forma podemos considerar que o maior potencial energético renovável (classe *Muito Alto*) da PCNRS encontra-se nos municípios de Maquiné, Osório e Tramandaí. Estes apresentam

situações distintas quanto à diversificação da matriz energética e ao grau de importância atribuído a cada fonte, afetando, diretamente, o grau de potencial indicado. No caso do município de Maquiné, a presença de todas as fontes amplia seu potencial (de acordo com a classificação realizada), além do menor peso atribuído a fonte eólica ser compensado pelos valores intermediários para as fontes biomassa e solar e, também, pelo maior peso atribuído a classe PH. O município de Tramandaí tem a ausência da fonte PH compensada pelo grau de importância mais alto atribuído para duas fontes, biomassa e solar, e intermediário para a fonte eólica. Caso semelhante ocorre no município de Osório, estando inapto para a fonte PH, mas todas as fontes presentes têm atribuído o peso mais alto. Mampituba também merece consideração, pois apesar de maior diversificação energética, não está inserido nesta categoria de maior potencial devido os pesos intermediários para três fontes, solar, biomassa e PH e, baixo para eólica.

Entre os municípios de médio potencial, em Arroio do Sal apesar de haver o mais alto grau de aptidão para a fonte solar e intermediário para eólica, insere-se nesta categoria em função da ausência de pelo menos uma fonte. Os municípios Itati e Terra de Areia enquadram-se nesta categoria por apresentarem valores baixo e/ou inadequado em pelo menos duas das fontes.

Os demais municípios estão inseridos na classe alto potencial, devido à diversificação do potencial energético ou à presença de pesos elevados atribuídos a pelo menos uma de suas fontes.

4.6 Outras fontes renováveis de energia

Outras fontes renováveis podem ser encontradas na região, dado seu contexto ambiental e antrópico. Uma importante alternativa a ser explorada é a utilização do biogás produzido pelos resíduos depositados em aterros sanitários. Todavia, não houve condições de avaliar este recurso em razão das fontes responsáveis pela informação (FEPAM, IBGE, Prefeituras Municipais, Comitês de Bacias Hidrográficas) apresentarem inconsistências quanto à destinação dos resíduos, bem como à existência e operação de aterros sanitários. Tal contradição, em parte, é conseqüência do desenvolvimento de um processo de atualização por parte da FEPAM, órgão responsável pelo licenciamento da atividade. Alguns dos

aterros sanitários estão com licença de operação vencida, estando, temporariamente, operando por meio de termos de ajustamento. Outro fator que dificulta o acesso ao conjunto de dados da FEPAM é a alteração do local de destinação dos resíduos em alguns municípios. Futuramente, com a posse dessas informações, os aterros sanitários poderão ser localizados na área de estudo, bem como avaliado o volume de gases gerados, de modo a examinar a viabilidade de seu aproveitamento como fonte energética.

Quanto a outras fontes de biomassa, como a cana-de-açúcar e a mandioca, utilizadas para produção de etanol, não puderam ser avaliadas neste estudo devido as limitações da imagem utilizada. Assim, estas duas culturas foram inseridas na classe Agricultura – Outros Cultivos, não permitindo a sua quantificação precisa.

Outra fonte inovadora e de grande potencialidade é a energia das ondas, das marés e das correntes marítimas. Estudos genéricos indicam que o perfil (altura, período, variação) das ondas com maior potencial para uso, situa-se na faixa de mar até 33° do Equador (MACEDO, 2003). No Brasil, os estudos realizados em 2004, analisam o potencial das ondas usando dados de satélites, indicam como a faixa de litoral mais promissora a localizada entre as latitudes 19° S e 33° S. As estimativas apontam a possibilidade de geração em torno de 35 GW na Região Sul, sendo que a costa gaúcha é a área mais promissora, segundo informações levantadas pela Eletrosul e divulgadas pela Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul (FIERGS, 2004). No entanto, o MME considera que as tecnologias atuais aplicadas são claramente incipientes. Devemos ressaltar que em virtude deste aspecto de tecnologia incipiente e pelo objetivo deste trabalho considerar as fontes encontradas nas regiões emersas, esta fonte não foi avaliada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

É no contexto de necessário desenvolvimento de energias renováveis que se enquadram os esforços do governo brasileiro e da sociedade no sentido de pensar em novas alternativas para geração de energia. As energias renováveis deverão suprir uma fração crescente da demanda e o seu crescimento mundial é fortalecido por considerações ambientais e de segurança no suprimento. Sustentabilidade é o conceito mais utilizado nestas mudanças.

O desenvolvimento de novas fontes de prospecção energética tem proporcionado a aplicação de novas técnicas e estratégias de ação que representam uma articulação ordenada para o desenvolvimento sustentável do território. Neste sentido, a utilização de fontes renováveis de energia passa a ser um processo integrado, incluindo a variável ecológica. O surgimento e a evolução de tecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais contribuem ao equacionamento de questões relevantes a essa temática. O banco de dados espacial desenvolvido nesta pesquisa, a ser disponibilizado para prefeituras e instituições, representa uma contribuição para a localização de fontes energéticas renováveis, no sentido de facilitar o levantamento e a organização de informações relevantes.

A modelagem dos dados dos municípios estudados em ambiente computacional foi a base para espacializar e analisar as variáveis pertinentes ao estudo. As possibilidades de manipulação dos dados em um SIG permitiram realizar diversas avaliações e simular diferentes procedimentos, até se atingir um resultado satisfatório ao objetivo proposto.

A utilização das técnicas de Geoprocessamento propiciou eficiência na obtenção, armazenamento, atualização, recuperação e cruzamento dos dados. Evidenciou-se, dessa forma, sua relevância quanto ao levantamento dos recursos naturais e suas possibilidades de utilização com fonte energética e ao

desenvolvimento do banco de dados ambientais georreferenciado como ferramenta para exploração dos recursos de forma sustentável.

A análise das informações demonstra condições ambientais e geográficas favoráveis para exploração de energias renováveis ao longo de toda PCNRS. O mapa *Potencial Energético Renovável da PCNRS* indica que a maior parte da região (em torno de 87%) apresenta potencial alto ou muito alto para aproveitamento dessas fontes. O potencial mais significativo, de acordo com as análises realizadas, é associado à energia eólica e solar, seguidas pela biomassa e PHs. Em nível municipal, Maquiné, Osório e Tramandaí apresentam o maior potencial em razão da diversificação da matriz energética ou do perfil alto para aproveitamento de pelo menos uma das fontes analisadas. Os municípios de médio potencial, Arroio do Sal, Itati e Terra de Areia, apresentam menor diversificação da matriz e aptidão baixa ou ausência de pelo menos uma das fontes. Os demais municípios, considerados de alto potencial, têm, no geral, moderada diversificação da matriz energética e alto potencial para pelo menos uma de suas fontes. No segmento biomassa, destaca-se a classe arroz, em função da sua representatividade no contexto regional.

De acordo com as características levantadas da região, outras fontes e alternativas de aproveitamento poderão ser encontradas nas demais áreas. No caso específico da biomassa, podem ser analisados outros locais de produção, de acordo com a aptidão físico-ambiental. Antes do aproveitamento efetivo das fontes indicadas, devem ser agregadas informações de caráter restritivo ao uso, como Unidades de Conservação e áreas com algum regime de proteção legal, entre outros. Para estas finalidades, o SIG é uma importante ferramenta, na medida em que a informação é tratada próxima da realidade, apresentando diversas alternativas de cenários do ponto de vista ambiental, econômico e social. Identificar as características físicas e o potencial das diferentes fontes de geração de energia significa argumentar sobre as possibilidades de crescimento equilibrado de uma região. Para tal, é necessário conceber, construir e manter atualizado um sistema integrado de informações geográficas, com os objetivos de informar as características específicas de regiões, incentivar investimentos e contribuir para o desenvolvimento sustentável e para os programas nacionais de geração de energia.

A decisão do uso efetivo da biomassa como fonte de energia precisa considerar a estimativa da quantidade da produção dos resíduos e a capacidade de geração de energia de cada cultura.

A estimativa de capacidade de geração de energia deverá ser levantada para todos os recursos renováveis especificados a fim de avaliar se a produção de energia a partir destes recursos é suficiente para atender a demanda local ou regional.

O uso de energias renováveis em pequena escala, nas propriedades rurais ou para consumo urbano, é uma ação favorável para a questão ambiental, mas também para agregar valor a economia, melhorar a renda e a inserção social da comunidade local.

A viabilidade econômica dos empreendimentos pode se valer de programas do governo que buscam a maior inserção de fontes renováveis na matriz energética brasileira. O PROINFRA objetiva a diversificação da matriz energética e a busca de soluções de caráter regional com a utilização de fontes renováveis, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis. Este programa estimula a produção de energia elétrica com base nas fontes eólica, PHs e biomassa.

O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), lançado em 2003, tem como um de seus eixos estruturantes a aplicação de investimentos no setor elétrico. Embora o plano mostre um viés conservador do governo devido os maiores investimentos nos combustíveis fósseis (R\$ 179 bilhões) e, em menor quantidade, para o desenvolvimento de fontes renováveis de energia (R\$ 17,4 bilhões), atualmente, há programas específicos voltados à exploração de fontes renováveis. Neste âmbito, foi lançado no início de 2009 um subprojeto denominado Estratégia de Energias Renováveis, que objetiva auxiliar o país à adaptação exigida para alcançar as metas anunciadas de 15% de energias renováveis em 2020. O plano cria novas formas de incentivos financeiros para ações que auxiliem a redução do efeito estufa, como: incentivos para projetos que aumentem os atuais níveis de aquecimento de casas e edifícios utilizando energia solar; incentivos para uma nova rede de distribuição elétrica e para exploração do potencial energético do lixo e da biomassa e auxílio para processos sustentáveis de produção de biocombustíveis (BRASIL, 2009). Os empreendimentos para exploração de energias renováveis terão até 80% de financiamento público, com carência de até 20 anos e incentivos às parcerias com o setor privado.

Em nível estadual, diversas ações advindas desde os governos passados e de instituições de pesquisa vêm sendo tomadas. Em 2005 o executivo estadual

implantou o Comitê Gestor dos Arranjos Produtivos de Bioenergia do Estado do Rio Grande do Sul (AP/Bionergia RS), para estimular a produção de fontes alternativas de energia, principalmente a partir de matéria-prima agrícola. Além disso, a FEPAGRO estuda as melhores condições de produção de álcool a partir da cana-de-açúcar ou da mandioca, indicando o município de Santa Antônio da Patrulha como um dos locais para teste de espécies adaptadas. Estudos da Secretaria Estadual da Agricultura destacam o potencial do litoral norte do Estado para a produção de cana-de-açúcar e mandioca.

Fica claro, portanto, os incentivos para a produção de energia a partir de fontes renováveis. É preciso avaliar os custos a curto, médio e longo prazos e os benefícios da utilização das diferentes fontes de energia alternativa sob um olhar socioeconômico, além do relacionado à gestão costeira.

5.2 Limitações

Entre os resultados obtidos, avaliamos três principais limitações. A primeira é relacionada à resolução da imagem de satélite utilizada, que não permitiu a identificação de culturas específicas, como é o caso da cana-de-açúcar, mandioca e grãos, que apresentam relativa importância na produção da região e do Estado. A análise destas culturas são importantes devido ao seu potencial para produção de etanol e biodiesel e aos amplos incentivos governamentais para sua inserção na cadeia produtiva do agronegócio.

A segunda limitação diz respeito à disponibilidade dos dados, principalmente aqueles produzidos por órgãos públicos. No caso do Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, está de posse do Estado apenas em formato *PDF*, o que dificulta a sua manipulação adequada em ambiente SIG, restringindo as opções de análises de um amplo instrumental de ferramentas disponíveis. Por diversas vezes, também, há desatualização e incoerência das informações entre os diversos setores. No caso da produção de resíduos sólidos no meio urbano, esses fatores não permitiram a análise da utilização do biogás. Outro exemplo é a produção de uma mesma informação por diferentes órgãos públicos, no entanto, descontinuadas ou agrupadas de formas variadas, impossibilitando comparações ou análises temporais. É o caso das informações de consumo de energia (Balanço Energético Estadual e CEEE), das estações fluviométricas (ANA e ANEEL) e dos dados de produção

agrícola (IBGE e prefeituras municipais). Evidencia-se, assim, uma situação contraditória, ao mesmo tempo em que os governos, nos diferentes níveis, incentivam a utilização de fontes renováveis de energia, limitam os estudos devido os entraves de ordem técnica e burocrática.

A terceira consideração diz respeito ao uso da ferramenta SIG. Em alguns procedimentos realizados, pode-se incorrer a erros originados pela subjetividade do analista. Este fato se dá, principalmente, quando dados são cruzados a partir de uma regra de decisão. Outro fator relevante é necessidade de conhecimentos avançados de cartografia, de modo a garantir a precisão do dado gerado. Alguns dos procedimentos realizados não possuem uma ferramenta de verificação da consistência ou precisão da informação produzida, estando, a qualidade do dado sujeita a avaliação exclusiva do analista.

5.3 Recomendações

A distribuição espacial das fontes renováveis de energia significa um importante subsídio para a elaboração de planos de aproveitamento destas fontes. O método utilizado, porém, deve ser revisto em cada região em que for aplicado, principalmente no que diz respeito ao estabelecimento de graus de potencial para cada fonte energética, ou ainda, aos pesos adotados no estabelecimento do perfil dos municípios para geração de energia.

No caso do referido modelo ter sua aplicação em outras regiões costeiras, é preciso avaliar, cuidadosamente, a legislação ambiental relativa ao uso dos recursos naturais, pois é genérica e não considera os aspectos singulares de cada região, apesar de que o CONAMA tem estabelecido normas para cada zona, especificamente dos biomas nacionais. A Lei Federal 7.661 de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, entretanto, delega poderes aos estados e municípios para legislar questões do uso do solo, recursos hídricos e florestais. Com base nessa lei, recomenda-se criar dispositivos legais para a produção de energias renováveis, baseados sempre em avaliação técnica, visando à utilização adequada dos recursos naturais da região.

Ainda, podemos acrescentar a necessidade de considerar as especificidades da área a ser estudada, pois muitas metodologias são absorvidas, sem qualquer questionamento ou adaptação. Cada local ou região, além das especificidades

ambientais, tem uma história, um passado. Estes aspectos devem ser considerados quanto à necessidade de correção em situações presentes e também na ação de planejar o futuro.

É importante mencionar que a simples modernização tecnológica nos procedimentos tradicionais dos órgãos de planejamento não é a solução adequada aos problemas existentes. As técnicas de Geoprocessamento, através da espacialização e da integração de diferentes informações, fornecem a visão global, a perspectiva de conjunto e de tempo, que são elementos substantivos abordados pelo planejamento. Portanto, recomenda-se às autoridades responsáveis pelo poder político a utilização de profissionais qualificados, ao adotarem tecnologias de Geoprocessamento, com vistas aos projetos que assegurem um desenvolvimento sustentável. Do mesmo modo, recomenda-se, para estudos futuros, a utilização das técnicas expostas neste trabalho associada e subordinada a um forte embasamento conceitual. Evita-se, assim, incorrer em resultados inadequados, quase sempre baseados em funcionalidades simplistas admitidas pelos usuários.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYUP-ZOUAIN, R.N, et al. **Evolução Paleogeográfica das bacias do Pará-Maranhão, de Barreirinhas e do Ceará.** In: Estudo de proveniência e dispersão sedimentar nas bacias do Pára-Maranhão, Barreirinhas e Ceará. Porto Alegre: FAURGS, v.1, p. 89-163, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **HidroWeb:** sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>>. Acesso em: 30 mar. 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de Informações de Geração:** BIG. Disponível em: <www.aneel.gov.br/15.htm>. Acesso em: 30 mar. 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de energia elétrica do Brasil.** Brasília, DF, 2009. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas>>. Acesso em: 17 jan. 2009.

ARAÚJO, M. S. M. **Relatório de análise do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL:** estudos de caso. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000. 122 p.

BARREDO, J. I. C. **Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio.** Madrid: RA-MA, 1996.

BOSQUE, J. **Sistemas de Información Geográfica.** Madri: Rialp, 1992.

BRASIL. Agência Nacional das Águas e Energia Elétrica. Resolução ANEEL n. 394, de 4 de dezembro de 1998. Estabelece os critérios para o enquadramento de empreendimentos hidrelétricos na condição de pequenas centrais hidrelétricas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 7 dez. 1998. Seção 1, p. 45.

BRASIL. Agência Nacional das Águas e Energia Elétrica. Resolução ANEEL n. 652, de 9 de setembro de 2003. Estabelece os critérios para o enquadramento de aproveitamento hidrelétrico na condição de Pequena Central Hidrelétrica (PCH). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 dez. 2003. Seção 1, p. 90.

BRASIL. Senado Federal. Lei 11.097 de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 jan. 2005.

BRASIL. Ministério das Minas e Energias. Portaria DNAEE n. 109, de 24 de dezembro de 1982. Brasília, DF, Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/8.htm>>. Acesso em 20 abr. 2008.

BRASIL. **Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel**. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br>>. Acesso em: 15 set. 2008.

BRASIL. **Plano de Aceleração do Crescimento**. Brasília, DF, 2007. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/pac/>>. Acesso em: 12 set. 2008.

BRASIL. **Plano Estratégia de Energias Renováveis**. Brasília, DF, 2009. Disponível em <http://wikipac.planalto.gov.br/wikipac/>. Acesso em: 5 jan. 2009.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei 7.661 de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mai. 1998.

BRETANHA, S. S. F. **Identificação de Nascentes dos Rio dos Sinos na Bacia Hidrográfica dos Sinos, Utilizando Tecnologia SIG**. Porto Alegre: UFRGS/ IPH Porto Alegre, 2007. Disponível em: <http://www.galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/HIDP_23/trabalhos_2007-2/ARTIGO%20Sonia.doc>. Acesso em: 05 fev. 2008.

BRYMAN, A. **Research Methods and organization Studies**. London: Routledge, 1992.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for land resources assessment**. New York: Oxford University Press, 1986. 194 p.

CAMARGO, O. A. *et al.* **Atlas eólico: Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Energia Minas e Comunicações (SEMC), 2002. 70 p. Várias escalas.

CBEE. **Centro Brasileiro de Energia Eólica**. Recife: 1999. Disponível em: <<http://www.eolica.com.br>>. Acesso em: 3 jun. 2008.

CEEE. Companhia Estadual de Energia Elétrica. Divisão de Gestão Comercial. **Informações sobre consumo de energia elétrica**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <fpawlak@terra.com.br> outubro de 2006.

CENBIO. Centro Nacional de Referência em Biomassa. **Panorama do Potencial de Biomassa do Brasil. Metodologias de cálculo para conversão energética**. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/download/metodologiabiomassa.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2008.

CERPCH. **Centro de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Itajubá: EFEI, 2000. Disponível em: <<http://www.cerpch.efei.br>>. Acesso em: 16 abr. 2008.

COLLE, S.; PEREIRA, E. B. Atlas de Irradiação Solar do Brasil: Primeira versão para irradiação global derivada de satélite e validada na superfície. In: **Fontes Não-Convencionais de Energia - As Tecnologias Solar, Eólica e de Biomassa**. 3ª ed. Florianópolis: LABSOLAR / NCTS, 2000, p. 75-100.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções e outros atos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=todos>>. Acesso em: 23 abr. 2009.

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL, 1999.

CRESESB. **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em: 13 mai. 2008.

DILLENBURG, S. R. **A laguna de Tramandaí**: evolução geológica e aplicação do método geocronológico da termoluminescência na datação de depósitos sedimentares lagunares. 1994. 142 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras. **Manual de Micro Centrais Hidrelétricas**. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/DNAEE, 1985.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras. **Manual de Mini Centrais Hidrelétricas**. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/DNAEE, 1985.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras. **Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamentos Hidrelétricos**. Brasília, DF, 1997.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras; ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamentos Hidrelétricos**. Rio de Janeiro, 1997.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras; ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Rio de Janeiro, 2000.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/atlas_eolico_brasil/atlas-web.htm>. Acesso em: 29 jul. 2003.

ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras. **Sistema de informação do potencial hidrelétrico brasileiro**: SIPOT. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.eletrobras.gov.br/EM_Atualizacao_SIPOT/sipot.asp>. Acesso em: 05 nov. 2008.

FEE. Fundação de Economia e Estatística. **Estimativa da população por situação de domicílio**. Porto Alegre, 2006. Disponível em: <http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/estatisticas/pg_populacao_tabela_03.php>. Acesso em: 12 dez. 2006.

FEPAGRO. Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. **Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. v. 1. Porto Alegre, 1989.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí**. Porto Alegre, s/d. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/bacia_tramandai.asp>. Acesso em: 11mar. 2007.

FIERGS. **Seminário de avaliação e perspectivas do potencial energético do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.estado.rs.gov.br/direciona.php?key=Y2FwYT0xJmludD1ub3RpY2lhJm5vdGlkPTUzNzIxJnBhZz0yNSZIZGI0b3JpYT01OSZtaWRpYT0mb3JpZz0x>>. Acesso em: 18 jun. 2008.

FUJIMOTO, N. S. V. M. *et al.* Litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul: indicadores socioeconômicos e principais problemas ambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, p. 99-124, 2006.

GREENPEACE. **Expedição Energia Positiva para o Brasil**. Brasil, 2004. Disponível em <http://www.greenpeace.org.br/tour2004_energia/index.php>. Acesso em: 14 dez. 2006.

GTES. Grupo de Trabalho de Energia Solar. CEPEL. Centro de Pesquisas em Energia Elétrica. CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CRSESB, 1999.

HASENACK, H. ; FERRARO, L. W. . Considerações sobre o clima da região de Tramandaí. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 22, p. 53-70, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE Cidades 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa exploratório de solos do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#GEOG>. Acesso em: 10 jan. 2009.

INSTITUTO DO MILÊNIO. **Uso e apropriação de recursos costeiros**. 2007. Disponível em: <<http://www.mileniodomar.org.br/>>. Acesso em jun. 2007.

KESSLER, M. C.; CORBELLA, O. D. Mapas da radiação solar diária total média mensal sobre superfície horizontal para o Rio Grande do Sul para os 12 meses do ano. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ENERGIA SOLAR, 2. 1979. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: 1979. v. 1., p. 61-80.

LEITE, E. H. Rio dos Sinos – RS. Qualidade das águas superficiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003. Joinville. **Anais...** Joinville: 2003.

Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes22/ccxix.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2008.

MACEDO, I. C. **Estado da arte e tendências tecnológicas para energia**. Brasília: Ministério das Minas e Energia/Secretaria Técnica do Fundo Setorial de Energia, 2003.

MARTINAZZO, C. A. **Modelos de estimativas de radiação solar para elaboração de mapas solarimétricos**. 2004. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; ECHER, M. P. S. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geoestacionário: o Projeto Swera. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 2, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-47442004000200010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 12 ago. 2008.

MATTUELLA, J. M. L. **Energias Renováveis e Meio Ambiente**. 164 f. Apostila do curso de curso de extensão, Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário La Salle, 2008.

MILES, M.B., HUBERMAN, A.M. **Quantitative data analyses**. 2nd ed. London: SAGE, 1994.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (MME). **Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFRA)**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2002.

Disponível em: http://www.mme.gov.br/programs_display.do?chn=877>. Acesso em: 13 out. 2008.

MINISTÉRIO DAS MINHAS E ENERGIA (MME). **Balço Energético Nacional**. Brasília, DF, 2003. Disponível em: <<http://www.agg.ufba.br/ben2003/default.htm>>. Acesso em: 21 jun. 2007.

MINISTÉRIO DAS MINHAS E ENERGIA (MME). **Balço Energético Nacional**. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <<https://www.ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 11 jan. 2009.

MULLER, M. D. et al. Uso de ferramentas de Geoprocessamento para mapeamento e estimativa de biomassa florestal no Brasil. **Boletim Técnico RENABIO**, Viçosa, v. 1, n. 1, p.1-33, 2006. Disponível em:

<http://www.renabio.org.br/arquivos/p_uso_brasil_8654.pdf>. Acesso em: 17 jun 2008.

NEVES, D. D. **Mapeamento do uso e cobertura da terra da Reserva Biológica Estadual da Serra Geral e entorno**. 2006. 71. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia) – Faculdade de Geografia, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2006.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil**. Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. p. 35-79.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOGUEIRA, F. J. H.; TIAGO FILHO, G. L. **Microcentrais hidrelétricas**. Série Energias Renováveis. Itajubá: Ministério das Minas e Energias, 2007. 32 p.

PADILHA, J. L. *et al.* Potencial de geração de energia elétrica no Estado do Pará, utilizando biomassa do setor madeireiro. **Biomassa e Energia**, Viçosa, v. 2, n.4, p. 267-284. 2005. Disponível em: <http://www.renabio.org.br/arquivos/p_potencial_madeireiro_31289.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2008.

PAIVA, J. B. D. *et al.* **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001.

PERLMUTTER, M. A. & MATTEWS, M.D. Global Cyclostratigraphy. In: **Encyclopedia of Earth System Science**, v. 2. New York: Academic Press, Inc, 1992. p. 379-393.

RADAMBRASIL. **Levantamento dos Recursos Naturais**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, v. 33, Folhas SH/SI.22/21, 1978.

RICARDO, M. Transposição de dados hidrológicos para determinação da vazão de projetos de micro e minicentrais hidrelétricas: estudo de caso. **PCH Notícias & SHP News**, Itajubá, v. 1, n. 28, p. 14-16, 2006.

SCP. Secretaria de Coordenação e Planejamento do Estado do Rio Grande do Sul. **Macrozoneamento Ambiental do Estado**. Porto Alegre, 2005.

SCHNEIDER, P. **Gênese e classificação de solos da planície costeira-RS**. 1977. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1977.

SCHWARZBOLD, A.; SCHAFFER, A. Gênese das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul- Brasil. **Amazoniana**, Kyel, v. 9, n. 1, p. 87-104, 1984.

SEBRAE. **Sistema econômico de energia eólica**. Florianópolis, 2007. Disponível em: <http://www.sebrae-sc.com.br/novos_destques/opportunidade/main.asp>. Acesso em: 17 jul. 2007.

SEMA. Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. **Sistema Estadual de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/rechidro.jsp>>. Acesso em: 5 mar. 2007.

SEMA. Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. **Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí**. Porto Alegre: SEMA/DRH/FEPAM, 2005. Disponível em: <http://www.mp.rs.gov.br/areas/paibh/arquivos/plano_bacia_hidrografica_rio_tramandaí.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2007.

SEMA. Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. **Projeto de Conservação da Mata Atlântica**. Porto Alegre, 2005. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/mata_atla.htm>. Acesso em: 2 fev. 2007.

SEPLAG. Secretaria do Planejamento e Gestão do Estado Rio Grande do Sul. **Mapa simplificado dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEPLAG, 2002. Escala: 1. 1000.000.

SEPLAG. Secretaria Estadual de Planejamento e Gestão. **Atlas Sócio-econômico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2002. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=26>>. Acesso em: 12 abr. 2007.

SIMÃO, A. C. R. *et al.* Web-based GIS for collaborative planning and public participation: An application to the strategic planning of wind farm sites. **Journal of Environmental Management**, Berkeley, v. 90, special issue 6 on Collaborative GIS, p. 2027-2040, may, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03014797>>. Acesso em: 05 mar. 2009.

SOARES, C. F. **Caracterização e diagnóstico ambientais do município de Torres, litoral norte do Rio Grande do Sul**. 1995. 150 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Geológica) – Departamento de Oceanologia, Curso de Pós-Graduação em Oceanologia Geológica, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 1995.

SPOT IMAGE. **Spot satellite technical data**. 2005. Disponível em: <http://www.spotimage.fr/automne_modules_files/standard/public/p2000_3a1cd2cb59b76fc75e20286a6abb7efesatSpot_E.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2007.

STRECK, E.V. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 107 p.

STROHAECKER, T. M. *et al.* Caracterização do uso e ocupação do solo dos municípios do litoral norte do Estado do Rio Grande do Sul. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, p. 75-98, 2006.

STROHAECKER, T. M. **A urbanização no Litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul**: contribuição para a gestão urbana ambiental do município de Capão da Canoa. 2007. 398 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2 V., 2007.

Disponível em: <<http://www.bibliotecadigitalufrgs.ufrgs.br>>. Acesso em: 16 de jun 2008.

STROHAECKER, T. M.; TOLDO JR., E. E. A dinâmica territorial do litoral norte do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA URBANA, 10. 2007, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: UFSC, 2007.

TABAJARA, L.L. & DILLENBURG, S.R. **Batimetria e sedimentos de fundo da Laguna de Tramandaí - RS**. Notas Técnicas CECO/IG, Porto Alegre, v. 10, p. 21-33, 1997.

TIAGO FILHO, G. L. *et al.* Um panorama das pequenas centrais no Brasil. In: SIMPÓSIO DE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS. 5., 2006. Florianópolis, **Anais eletrônicos...** Florianópolis, 2006.

TIAGO FILHO, G. L. *et al.* Uso de ferramenta SIG em estudos de inventários de rios para aproveitamentos energéticos de pequeno porte. **PCH Notícias & SHP News**, Itajubá, v. 9, p. 24-27, 2008.

TIBA, C. *et al.* **Atlas Solarimétrico do Brasil**. 2ª. ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2004. 1 CD-ROM.

TOLMASQUIM, M. T. (org.) **Fontes renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência/CENERGIA, 2003.

TOLMASQUIM, M. T. (org.). **Alternativas energéticas sustentáveis no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume Dumará. 2004.

TOMAZELLI, L. J. **Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da província costeira do Rio Grande do Sul com ênfase no sistema eólico**. 1990. 270 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990.

TOMAZELLI, L. J. O regime de ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 18-26, 1993.

TOMAZELLI, L.J. & VILWOCK, J.A. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: **Geologia do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, CIGO/UFRGS, p. 375-406. 2000.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. Mapeamento geológico de planícies costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul. **Gravel**, Porto Alegre, n. 3, p. 109-115, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2001.

UNITED NATIONS. **Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change**. Kyoto, Japan, 1997. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2006.

VIEIRA, E.F. **Rio Grande do Sul: Geografia Física e Vegetação**. Porto Alegre: Sagra. 1984.

VILLWOCK, J. A. & TOMAZELLI, L. J. **Geologia costeira do Rio Grande do Sul**. Notas Técnicas CECO/IG, Porto Alegre, v. 8, p. 1-45, 1995.

VILLWOCK, J. A. *et al.* **Mapa geológico da província costeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. Escala 1:1.000.000.

APÊNDICE A – FOTOS DO LEVANTAMENTO DE CAMPO



Foto 1: Na rodovia RS 486 (Rota do Sol), município de Itati, observou-se, nas encostas íngremes, mudança abrupta da mata nativa para áreas com policultura de subsistência ou campo.



Foto 2: Observação da mata nativa e sistema de drenagem do vale, ao longo da Rota do Sol.



Foto 3: Molhes do Rio Mampituba: único rio da região com comunicação direta para o oceano.

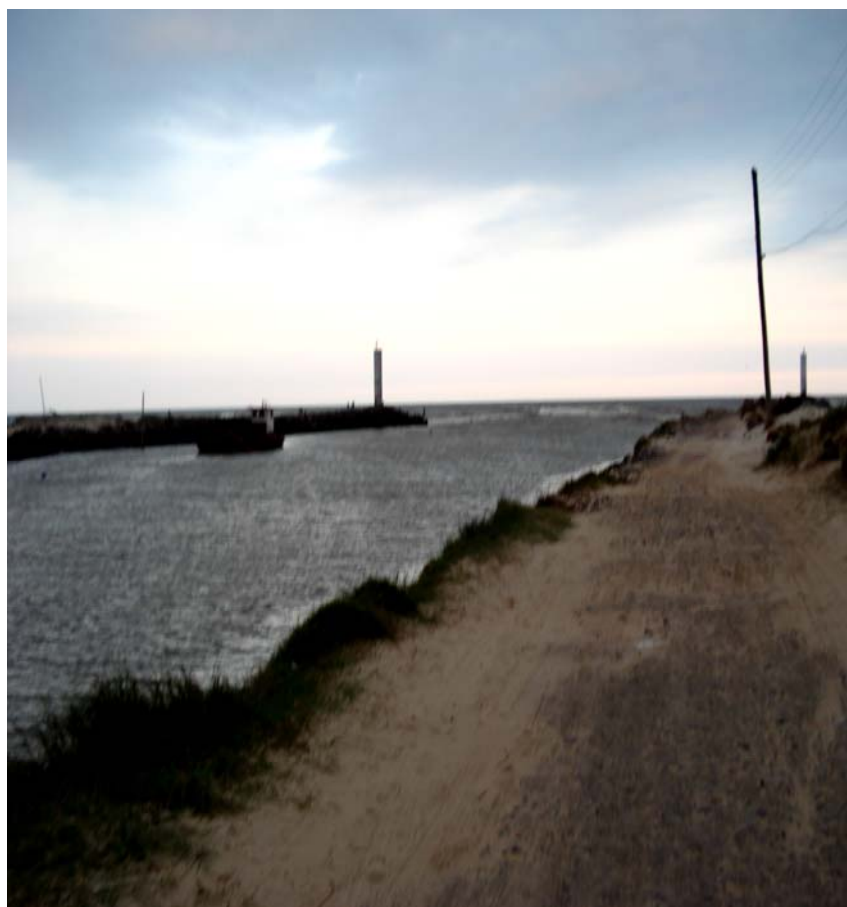


Foto 4: Rio Mampituba.



Foto 5: Parque Estadual da Guarita. Foram observados afloramentos de basalto colunar, paleodunas de idade jurássica e sistemas de canais de escoamento superficial. A área urbana localiza-se entre a terceira e a quarta linhas intralagunares.



Foto 6: Lagoa do Jacaré: planície e terraço lagunar associados aos depósitos de encosta do planalto.

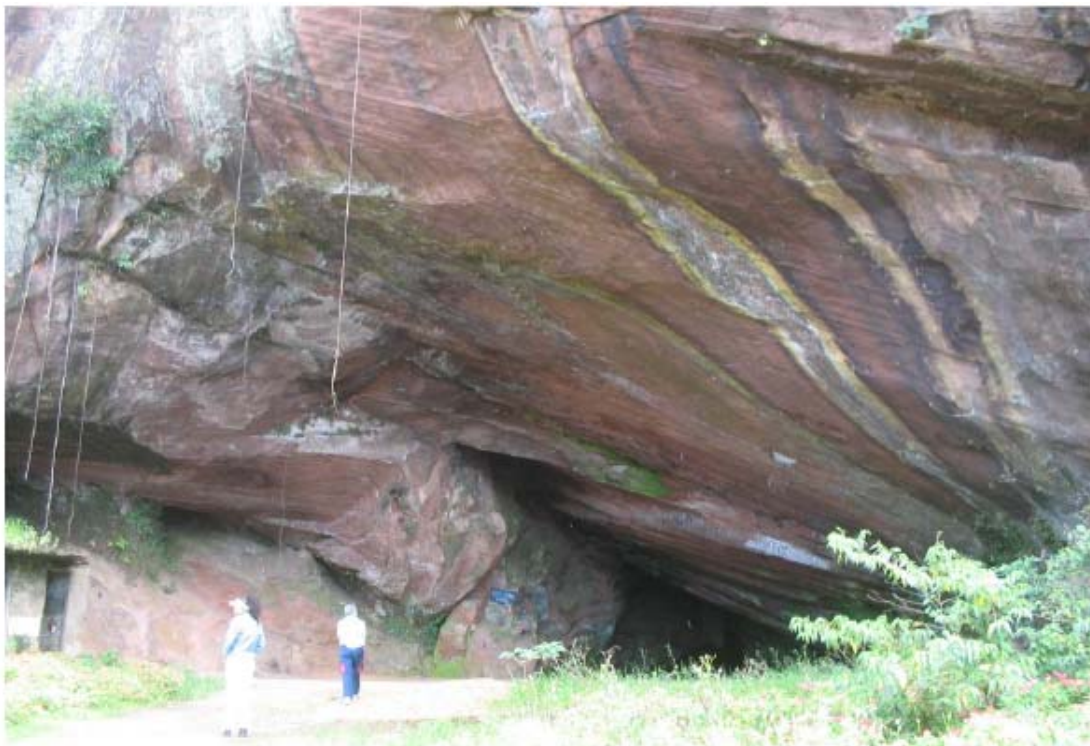


Foto 7: Na BR 101, observa-se uma furna localizada no arenito de Botucatu, evidência de um paleoambiente costeiro com influência da linha da costa.



Foto 8: Em Três Forquilhas (BR 101), vista da lagoa de Itapeva, na planície lagunar. Observou-se o encontro do leque inferior com a planície lagunar. O flanco superior é bastante marcado, mudando a declividade, resultando em um novo flanco do leque superior e médio. O leque inferior apresenta blocos soltos separados, de aspecto descontínuo e com diferentes feições, entre o leque e o terraço. As figueiras marcam pequena variação do nível do mar entre o fechamento do sistema e a elevação, a cerca de 1.500 anos.



Foto 9: Observação a partir do morro da Embratel, em Três Cachoeiras, do sistema deltaico do rio Três Forquilhas. Trata-se de um delta intralagunar progradante no sistema lagoa de Itapeva. A planície e o terraço fluvial estão interligados aos depósitos de encosta. Observou-se também o sistema de terraços interlagunares e de dunas ativas. As encostas mostram seqüências de terraço e patamares, e blocos alinhados indicativos do nível do leque inferior e terraço. A faixa de barreira 4 é ocupada por áreas urbanas, como Balneário Curumin e Arroio do Sal.



Foto 10: Plantio de banana nas encostas entre os municípios de Maquiné e Itati.



Foto 11: Cultivo de hortigranjeiros em Maquiné (margens da BR 101), utilizando para irrigação as águas do Rio Maquiné.



Foto 12: Maquiné, observação a partir da BR 101: cultivo de arroz, cana, banana, produtos de subsistência e criação de gado.



Foto 13: Criação de gado e cultivo de arroz no entorno da Lagoa dos Quadros e bananeiras nas encostas dos morros.



Foto 14: Pequena propriedade com cultivo de milho e mandioca nas áreas planas próximas ao Rio Maquiné. Nas encostas dos morros, campo com pequeno rebanho de gado.



Foto 15: Cultivo de hortigranjeiros no município de Maquiné. De forma geral, no vale do Rio Maquiné, há cultivo de hortigranjeiros e de subsistência, nas encostas próximas, cultivo de banana. Próxima a lagoa dos Quadros, ocorre plantio de arroz. No topo dos morros, nas áreas mais planas, há capões de araucária associados à áreas de campo, onde se desenvolvem atividades agropecuárias.



Foto 16: Limite entre capões de Araucária e criação de gado.



Foto 17: Vista obtida a partir da RS 484, Serra do Umbú. Ao longo do percurso observaram-se áreas de Florestas Mista, Ombrófila Densa, Ombrófila Densa secundária em vários estágios, bem como usos agropecuários.



Foto 18: Em Maquiné, na Serra da Boa Vista há atividade de silvicultura (*Pinnus sp.*).

APÊNDICE B – RESOLUÇÕES DO CONAMA

Resolução CONAMA Nº 397/2008 - "Altera o inciso II do § 4o e a Tabela X do § 5o, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA no 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes." - Data da legislação: 03/04/2008 - Publicação DOU nº 66, de 07/04/2008, págs. 68-69.

Resolução CONAMA Nº 388/2007 - "Dispõe sobre a convalidação das Resoluções que definem a vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica para fins do disposto no art. 4o § 1o da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006" - Data da legislação: 23/02/2007 - Publicação DOU nº 38, de 26/02/2007, pág. 63.

Resolução CONAMA Nº 385/2006 - "Estabelece procedimentos a serem adotados para o licenciamento ambiental de agroindústrias de pequeno porte e baixo potencial de impacto ambiental" - Data da legislação: 27/12/2006 - Publicação DOU nº 249, de 29/12/2006, pág. 665.

Resolução CONAMA Nº 369/2006 - "Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP" - Data da legislação: 28/03/2006 - Publicação DOU nº 061, de 29/03/2006, págs. 150-151.

Resolução CONAMA Nº 357/2005 - "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências." - Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

Resolução CONAMA Nº 342/2003 - "Estabelece novos limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, em observância à Resolução nº 297, de 26 de fevereiro de 2002, e dá outras providências" - Data da legislação: 25/09/2003 - Publicação DOU nº 240, de 10/12/2003, pág. 095.

Resolução CONAMA Nº 317/2002 - "Regulamentação da Resolução Nº 278, de 24 de maio de 2001, que dispõe sobre o corte e exploração de espécies ameaçadas de extinção da flora da Mata Atlântica." - Data da legislação: 04/12/2002 - Publicação DOU nº 245, de 19/12/2002, pág. 244.

Resolução CONAMA Nº 305/2002 - "Dispõe sobre Licenciamento Ambiental, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto no Meio Ambiente de atividades e empreendimentos com Organismos Geneticamente Modificados e seus derivados" - Data da legislação: 12/06/2002 - Publicação DOU nº 127, de 04/07/2002, págs. 81-82.

Resolução CONAMA Nº 303/2002 - "Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente" - Data da legislação: 20/03/2002 - Publicação DOU nº 090, de 13/05/2002, pág. 068.

Resolução CONAMA Nº 237/1997 - "Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente" - Data da legislação: 22/12/1997 - Publicação DOU nº 247, de 22/12/1997, págs. 30.841-30.843.

Resolução CONAMA Nº 033/1994 - "Define estágios sucessionais das formações vegetais que ocorrem na região de Mata Atlântica do Rio Grande do Sul, visando viabilizar critérios, normas e procedimentos para o manejo, utilização racional e conservação da vegetação natural" - Data da legislação: 07/12/1994 - Publicação DOU nº 248, de 30/12/1994, págs. 21352-21353.