

12º Encontro de Geógrafos da América Latina  
Eixo Temático: Processos da Interação Sociedade – Natureza

## **PLANO DE AÇÃO PARA O MANEJO DAS DUNAS FRONTAIS DO MUNICÍPIO DE XANGRI-LÁ – RS**

Franciesca Cheiran Pereira\*;  
Luiz Liberato Cavalcanti de Albuquerque Tabajara\*\*;  
Raquel Chites\*\*\*;  
Rogério Portantiolo Manzolli\*\*\*\*.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Brasil.

### **INTRODUÇÃO**

Atualmente, 70% das costas do mundo se encontram em processo de erosão, em consequência da subida do nível do mar advinda do aquecimento global (efeito estufa), responsável tanto pelo aumento no volume dos oceanos como pelo derretimento dos glaciares, e aumento na frequência e magnitude das tempestades (SCOR, 1991).

A costa do Rio Grande do Sul possui aproximadamente 620 km de extensão, sendo seccionada por apenas três barras de estuários principais. Configura-se como uma das mais longas e amplas planícies costeiras do mundo, do tipo barreira dominada por ondas (Villwock & Tomazelli, 1995; Dillenburg *et al.*, 1998).

As causas da erosão, ao longo da costa do Rio Grande do Sul, vêm sendo exaustivamente discutida por diversos autores. Enquanto Tomazzelli *et al.* (1998) interpretam a erosão como evidência de um processo transgressivo atual, Calliari *et al.* (1998) consideram o efeito foco da ação de ondas de tempestades como o processo responsável por erosões localizadas na costa. Por sua vez, Dillenburg *et al.* (2000 e 2004) atribuem as diferenças no gradiente de energia de ondas e ao balanço negativo no estoque de sedimento costeiro, em escala de longo e curto período, enquanto que Lima *et al.* (2001), a maior competência do transporte longitudinal induzido por ondas (sul para norte), a barlar das inflexões costeiras.

A região litorânea do estado encontra-se num clima mesotérmico brando sem estação seca bem definida, segundo Nimer (1977), do tipo *cfa*, pela classificação de Köppen (1948), cujo sistema é regido pelo Anticiclone de Alta Pressão do Atlântico Sul. Apresenta ventos dominantes do quadrante leste a nordeste, com variações intensas para direção sul quando da passagem dos sistemas frontais, que favorecem a ocorrência de marés meteorológicas sobrelevando o nível do mar em até 1,0 m (Tozzi, 1999; Calliari *et al.*, 1998; Tabajara *et al.*, 2004).

O regime de ondas de maior energia provém do setor Sudeste e Sul, e está associado à passagem das frentes frias e ciclones extratropicais na região. Em razão de estados morfodinâmicos intermediários, as ondas de energia moderada alimentam continuamente a face da praia com areia que deposita formando os bermas. No entanto, durante o outono e inverno, com o aumento da frequência e magnitude das tempestades marinhas, a morfologia destas praias tornam-se dissipativas, ou seja; praias mais planas,

---

\*Graduanda em Bacharelado em Geografia, UFRGS.

\*\* Pós-Doutorado, UFRGS.

\*\*\* Graduanda em Licenciatura em Geografia, UFRGS.

\*\*\*\* Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS.

pós-praia e zona de surfe alargada e com baixo declive na face da praia (Weschenfelder *et al.*, 1997; Toldo Jr. *et al.*, 1994).

O litoral norte do Rio Grande do Sul concentra, ao longo de 123 km, quase toda a população costeira do estado. A sua urbanização foi caracterizada pela falta de planejamento, ocupação de áreas de risco e destruição ou alteração de áreas protegidas por lei (Esteves *et al.*, 2003). O município de Xangri-Lá é um tradicional balneário do Litoral Norte do Estado (fig. 1), muito procurado na estação de veraneio para o lazer e banho. A ocupação do espaço se processou por meio de loteamentos imobiliários que muitas vezes avançaram sobre o sistema de dunas frontais, acarretando atualmente problemas cíclicos de manutenção das vias públicas. Toldo Jr. *et al.* (1999) identificaram erosão contínua na linha de costa nas praias ao sul do município de Xangri-Lá (balneário de Rainha do Mar), entre 1975 e 1999.

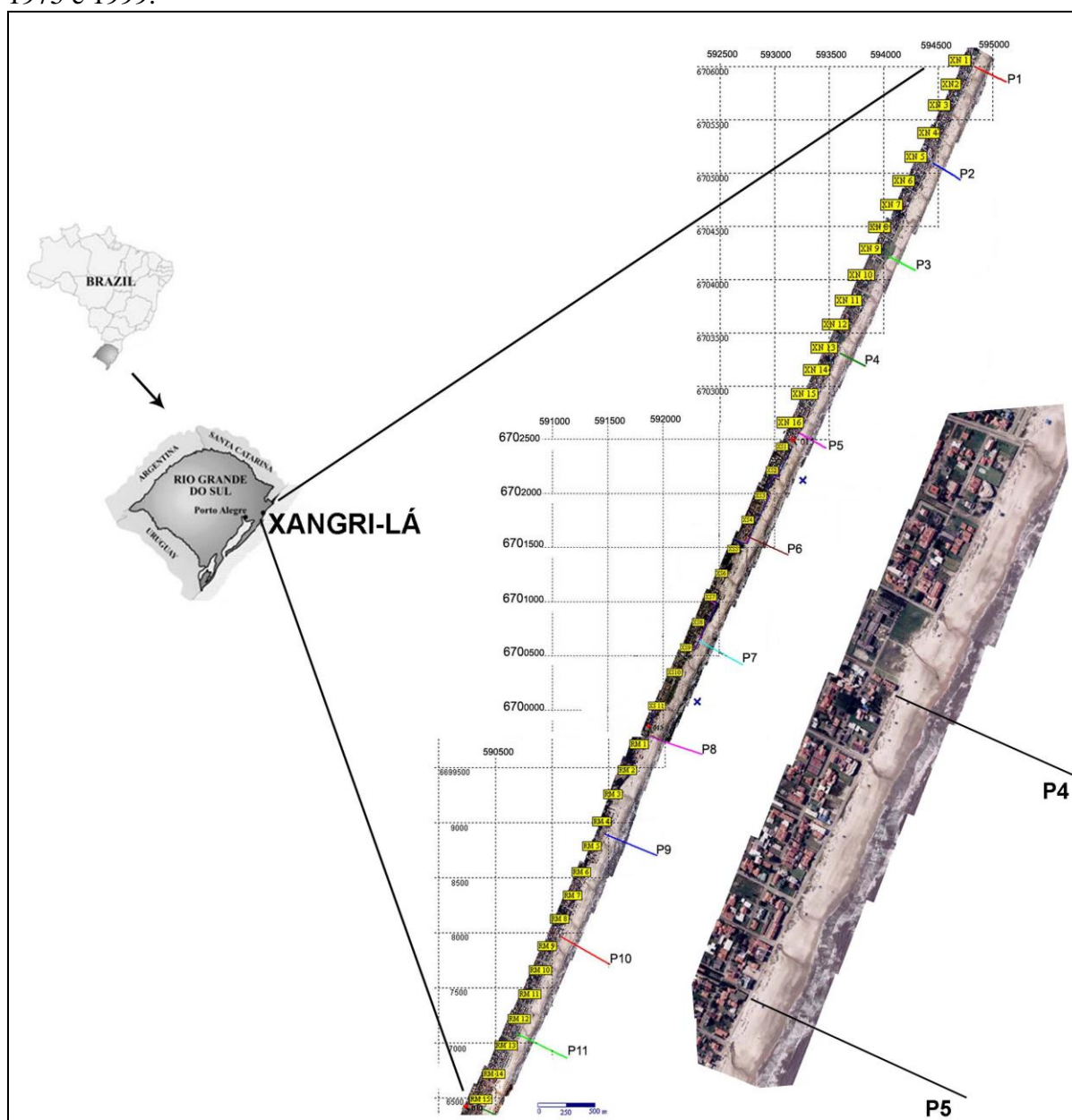


Figura 1: Localização do município de Xangri-Lá no litoral Norte do Rio Grande do Sul, e os mosaicos fotográficos do litoral contendo os trechos da costa e os perfis de praia analisados no estudo diagnóstico. Em detalhe, à direita, o segmento costeiro considerado prioritário ao manejo.

As práticas de manejo recomendadas para controlar os problemas de erosão e de enchentes marinhas são as que empregam preferencialmente soluções não estruturais, tais como; o manejo de dunas frontais e o controle do uso da terra (Marra, 1993). Além dos agentes naturais de riscos, os frágeis ambientes costeiros requerem práticas de gerenciamento, a fim de minimizar os conflitos de uso existentes na ocupação do espaço.

As dunas são áreas de preservação permanente, segundo institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei 7661 / 16 de maio de 1988) e o Decreto n° 5300 de 2004. O excesso de demandas pontuais de retirada de areia e de uso do espaço das praias, principalmente durante o verão, ensejou a Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul – FEPAM, a dar as bases normativas para a elaboração de planos de manejo de dunas.

Para efeito de licenciamento ambiental, o processo de planificação da costa foi dividido em duas etapas, com diferentes objetivos e graus de detalhamento (FEPAM, 2000 e 2004). A primeira etapa (Licença prévia- LP) deverá caracterizar as condições ambientais e de ocupação de toda a orla do município, classificar os setores da costa e estabelecer quais os setores prioritários ao manejo de dunas, decorrentes dos conflitos entre as dunas e a ocupação urbana.

A segunda etapa é o plano de manejo propriamente dito com o detalhamento das técnicas de manejo de dunas e as intervenções apontadas pelo município, tais como; áreas com problemas cíclicos de manutenção, acessos de veículos e pedestres, manutenção de sangradouros e passarelas de transposição sobre as dunas.

O objetivo principal deste trabalho é o de consolidar o método para a elaboração do diagnóstico de dunas frontais, classificação dos setores da costa e seleção de áreas prioritárias ao manejo de dunas, tendo como base o termo de referência da FEPAM para Manejo de Dunas. A metodologia vem sendo desenvolvida pelo Laboratório de Gerenciamento Costeiro do CECO – IG - UFRGS (Tabajara *et al.*, 2005; Gruber *et al.*, 2005) a fim de atender as demandas dos municípios do litoral norte do RS na elaboração dos seus planos de manejo de dunas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O diagnóstico é uma etapa antecedente importante ao planejamento, pois ao identificar os conflitos existentes entre a área de preservação permanente e a urbanização facilita a seleção das técnicas de manejo e de controle do uso do espaço para solucionar os problemas de degradação do ecossistema eólico (Tabajara *et al.*, 2001). O diagnóstico de dunas está baseado na aplicação do *checklist* que foi desenvolvido por pesquisadores europeus (Williams *et al.*, 1993; Davies *et al.*, 1995) para obtenção dos índices de vulnerabilidade (fig. 2).

Na área de Geociências, o termo vulnerabilidade costeira representa um arranjo de atributos que caracterizam a fragilidade de trechos costeiros a desastres e incidência de fenômenos naturais. Neste trabalho, vulnerabilidade é definida como um conjunto de condições que induzem a duna à erosão e a degradação do ecossistema (Davies *et al.*, 1995). Uma combinação de fatores pode produzir esta situação, por exemplo; subida do nível do mar, aumento da frequência e magnitude das tempestades, balanço negativo de sedimentos e atividades humanas.

A condição de vulnerabilidade da duna foi sumarizada a cada 250 m (distância horizontal aproximada entre cada estereopar) usando técnicas de geoprocessamento e fotointerpretação, complementadas por investigações de campo. O *checklist* é um procedimento para o “delineamento do problema”, no qual as principais características

foram listadas, taxadas e avaliadas com respeito à vulnerabilidade e a proteção das dunas (Williams *et al.*, 1993).

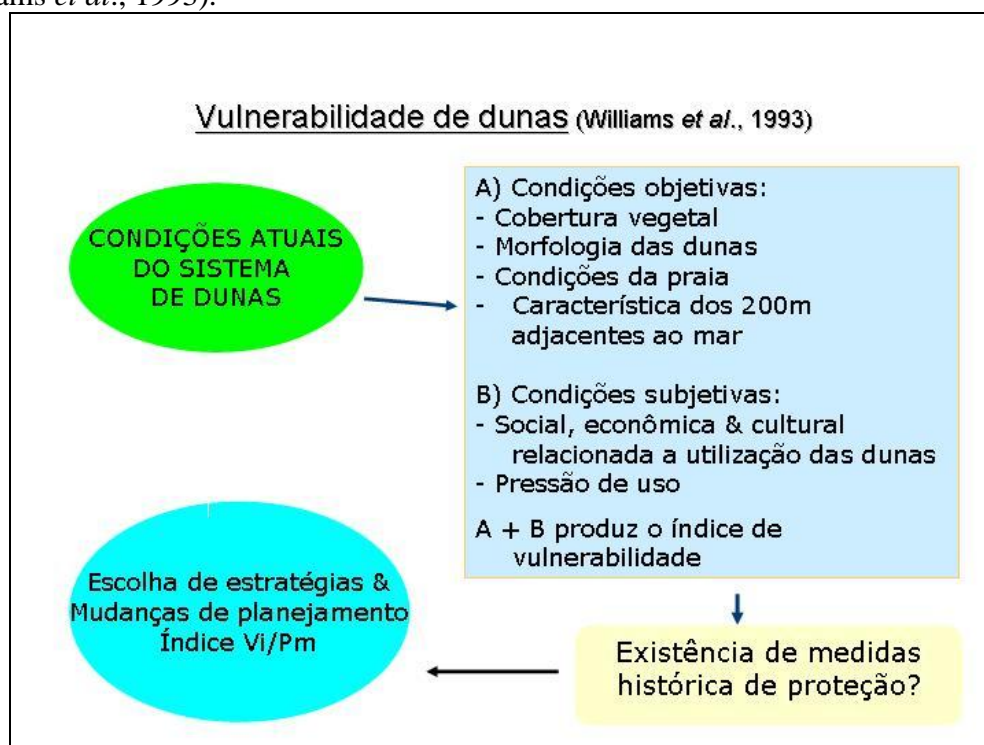


Figura 2: Condicionantes que identificam a vulnerabilidade do Sistema de Dunas.

Este método foi estruturado de modo a permitir considerações sistemáticas dos principais parâmetros que resumem as condições da duna. O método consiste em atribuir pontuação (de 0 a 4) aos vários parâmetros de cada uma das seguintes categorias:

- |   |                 |
|---|-----------------|
| A. Morfologia das dunas                       | (10 parâmetros) |
| B. Condição da praia                          | (12 parâmetros) |
| C. Característica dos 200 m adjacentes ao mar | (12 parâmetros) |
| D. Pressão de uso                             | (10 parâmetros) |

As quatro categorias são usadas para o cálculo do Índice de Vulnerabilidade (IV), que varia na proporção direta da fragilidade do sistema. Os dados são apresentados como índices numéricos e através de diagramas. O índice de vulnerabilidade (Seção A-D) é expresso como a percentagem do escore total encontrado no *checklist* para as seções A até D, por unidade amostral, em relação ao máximo escore possível (176).

A maioria dos parâmetros envolvidos na taxação dos índices de vulnerabilidade da praia de Xangri-Lá é original do *checklist* proposto por Davies *et al.* (1995). Muito dos valores quantitativos aplicados as variáveis foram adaptados às condições existentes nas praias do litoral Norte do Rio Grande do Sul. Outros parâmetros foram introduzidos a partir da tentativa de estudos anteriores de classificar a costa, segundo critérios morfológicos e impactos humanos nas praias e dunas (Zomer, 1997; Esteves *et al.*, 2003), geoindicadores de erosão costeira (Souza e Suguio, 2003) e intensidade dos processos costeiros, tais como: correntes longitudinais (Lima *et al.*, 2001), taxas de erosão/deposição (Toldo Jr *et al.* 1999) e energia de onda e efetividade de transporte eólico (Arens e Wiersma, 1994).

Após a construção de uma matriz definida pelo escore dos parâmetros em função das unidades de análises, as variáveis foram normalizadas e sujeitas à análise fatorial e análise de cluster. Para a análise fatorial se aplicou a matriz de *Spearman* em razão das variáveis serem ordinais (0, 1, 2, 3 e 4). A análise fatorial é uma tentativa de se determinar

qual o coeficiente de similaridade entre as informações contidas na tabela (Davis, 1973). A análise fatorial modo-Q realiza a correlação entre os casos e não entre as variáveis, sendo uma forma de agrupamento bastante utilizado nas ciências naturais (Dal Cin & Simeoni, 1994).

Finalmente, depois do tratamento estatístico e agrupamento dos segmentos costeiros por níveis de similaridade, chega-se a classificação da costa segundo os seus índices de vulnerabilidade. O segmento costeiro que agrupa, de modo contínuo, as unidades amostrais de maior índice de vulnerabilidade é eleito o setor prioritário ao manejo de dunas, por contemplar um conjunto de condições críticas que induzem a duna à erosão e a degradação do ecossistema.

Segundo o projeto Orla (Projeto Orla, 2004 e 2005), duas tipologias são estabelecidas para a caracterização da orla: uma que utiliza as características fisiográficas (geografia física) e outra que verifica os índices de ocupação humana instalada. A primeira tipologia indica o nível de vulnerabilidade da orla em face de processos naturais e antrópicos e a segunda, referência os níveis de povoamento e a intensidade dos usos praticados em cada localidade.

## RESULTADOS

### Análise dos índices de vulnerabilidade de dunas.

Os resultados do estudo de vulnerabilidade mostram uma série de trechos com alto valor, intercalados com trechos de menor valor (fig. 3). Isto nos indica que a variação da suscetibilidade de dunas na praia de Xangri-Lá depende de um somatório de condições ambientais e antrópicas que interagem entre si. Por exemplo, a presença de estruturas rígidas ou grandes sangradouros alteram o trânsito de sedimentos eólicos sobre o pós-praia, produzindo um déficit local no estoque de areia, com aumento nas morfologias erosivas praias e dunares (Tabajara *et al*, 2004). Ou quando se associa a degradação da cobertura vegetal e formas eólicas erosivas à grandes pressões de uso do espaço costeiro, em ambos os casos, os índices de vulnerabilidade aumentam por um conjunto de variáveis humanas e naturais interdependentes.

Segundo os índices de vulnerabilidade, podemos classificar as dunas em 4 intervalos de classes, em ordem crescente de vulnerabilidade: **1)** IV abaixo de 40%; **2)** IV acima de 40%; **3)** IV acima de 50%; e **4)** IV acima de 60%. Para um total de 42 casos, detalhamos a seguir a distribuição das unidades amostrais por classe de 250 m de linha de costa:

Classe 1) XS5, XS6, XS11, RM2, RM3;

Classe 2) XN2, XN4, XN6, XN8, XN9, XS7, RM1, RM4, RM6, RM7, RM12;

Classe 3) XN1, XN3, XN7, XN10, XN14, XN15, XS1, XS2, XS3, XS4, XS8, XS9, RM5, RM8, RM9, RM10, RM11, RM13, RM14, RM15;

Classe 4) XN5, XN11, XN12, XN13, XN16, XS10.

A maior parte dos trechos (61%) apresentou Índice de Vulnerabilidade acima de 50%, apenas 12% possuem índices abaixo de 40 %.

Dentre os setores de maior índice de vulnerabilidade (acima de 60%), a unidade amostral XN5, onde se situa o Bali Hai, é o ponto do balneário de Atlântida de maior procura para o banho e lazer da população de veraneio, constituindo um centro de gastronomia e recreação muito visível a mídia regional. O setor XN11- XN13 apresenta altos IV decorrente de uma urbanização equivocada sobre as dunas, que as reduz a menos de 20 m de largura, e, por último, as unidades amostrais isoladas XS10 e XN16.

Também podemos realçar em razão dos índices de vulnerabilidade acima de 50%, os setores abaixo: a) Setor XN14-XS4, com extensa continuidade lateral (1750m) ao sul do balneário de Atlântida; b) Setor XS8-XS9 e c) Setor RM8-RM 15, ao Sul do município, no balneário de Rainha do Mar. Nesse último trecho, o aumento do IV deve-se muito a diminuição na área da duna e na piora da sua condição morfológica atribuída, provavelmente, a processos erosão da linha de costa de larga escala espacial (Toldo Jr *et al.*, 1999).

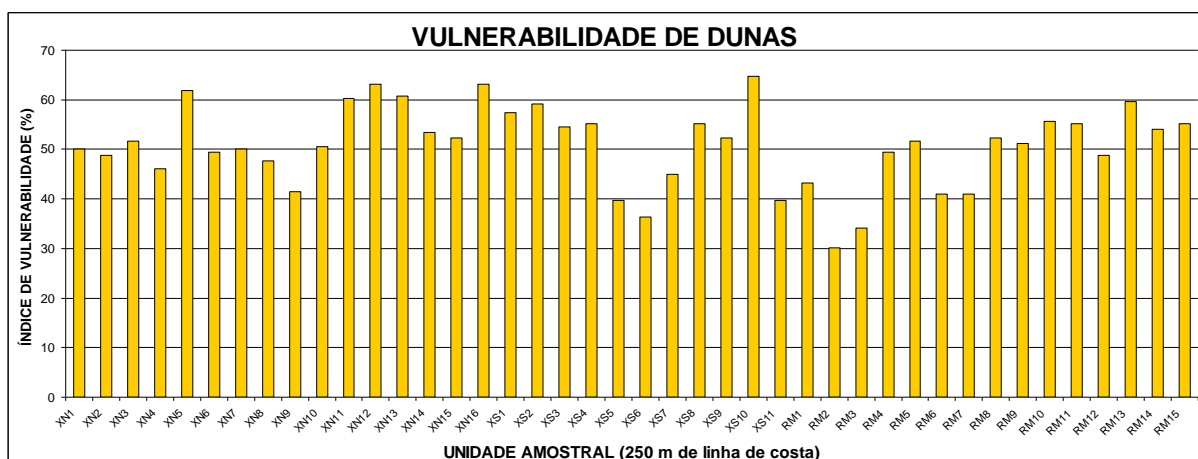


Figura 3: Variação dos Índices de Vulnerabilidade das dunas do litoral de Xangri-Lá.

A pressão de usuários esta muito relacionada com a incidência de trilhas de pedestres sobre o ecossistema eólico e a posição da urbanização sobre o domínio duna/praias. Apesar do estágio de ocupação humana do município de Xangri-Lá ser do tipo horizontal padrão, é notável a apropriação da área de preservação permanente para a construção de jardins (XN9), muros e campos de futebol (XS10).

A vulnerabilidade da duna é inversamente proporcional a área, largura e altura da duna, assim como a largura do pós-praia e ao percentual de cobertura vegetal. De modo particular, a área e a largura das dunas estão relacionadas à posição da urbanização, enquanto que o percentual de cobertura vegetal, aos processos erosivos naturais e/ou antrópicos.

### Classificação dos setores da costa.

O dendrograma da figura 4 foi obtido por análise de agrupamento (cluster), e nos permite classificar e hierarquizar os segmentos costeiros analisados, anteriormente, segundo os parâmetros de vulnerabilidade. Quatro grupos se destacam com graus de similaridade mais altos, ou seja, com mais elevado coeficiente de correlação. Considerando a correlação existente entre as variáveis, o resultado da análise de agrupamento indica que os 42 trechos costeiros podem ser agrupados, em uma análise mais cuidadosa, em 6 grupos homogêneos, distintos segundo alguns dos 44 parâmetros medidos. Os grupos são:

- 1) XN12, XN13, XN14, XN16, XS1 e XS4;
- 2a) XS7, XS8, XS9, XS10, RM15;
- 2b) XS2, XS3, RM4, RM8, RM9, RM10, RM11, RM12, RM13 e RM14;
- 3a) XN8, XN9, RM1, RM6, RM7;
- 3b) XN1, XN2, XN3, XN4, XN5, XN6, XN7, XN10, XN11, XN15, RM5;
- 4) XS5, XS6, XS11, RM2 e RM3.

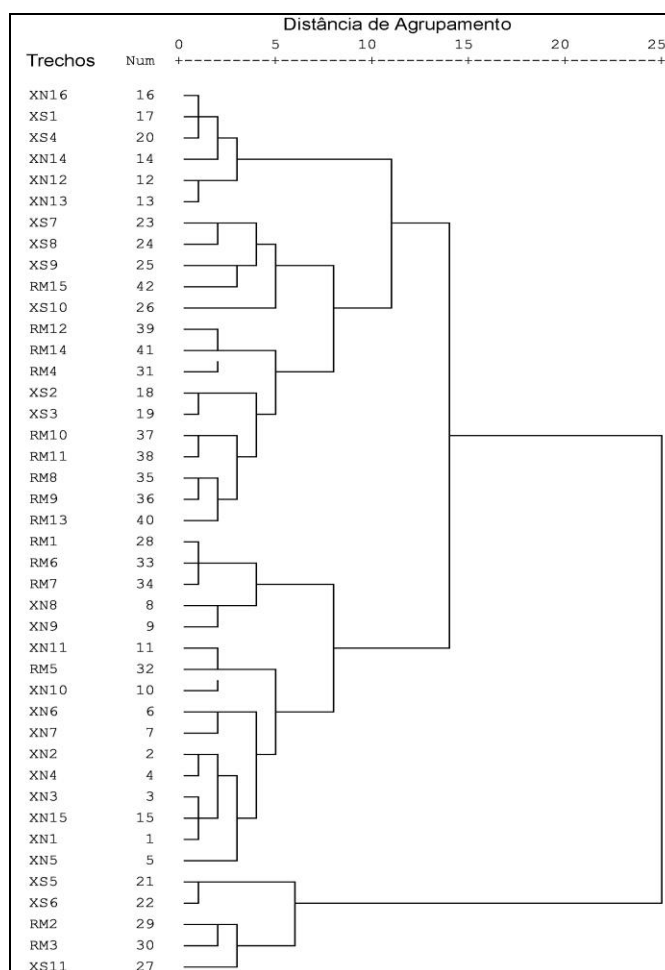


Figura 4: Resultado da análise de agrupamento por intermédio de Dendrograma.

As associações tendem a se formar entre trechos adjacentes, no entanto existem características da linha de costa que podem apresentar fortes variações também dentro de pequenas distâncias, como por exemplo: XN9, RM1 e RM 7.

### **Caracterização dos setores da costa e definição das estratégias de manejo.**

A seguir, após a classificação dos trechos, identificamos quais os parâmetros ambientais e antrópicos que distinguem os distintos grupos. Um diagnóstico preciso e criterioso facilita a elaboração de estratégias de manejo de dunas.

#### **Grupo 1: XN12, XN13, XN14, XN16, XS1 e XS4.**

Este grupo (XN 12 a XN 16) distingue-se dos demais setores pelos altos índices de vulnerabilidade. Trata-se do segmento localizado no mosaico Xangri-Lá Norte, cerca de 3 km ao sul de Capão da Canoa. O campo de dunas está reduzido a menos de 20 m pela estrada beira-mar e o sistema eólico está com forte retração, devido tanto a erosão por ondas (presença de escarpas nas dunas associadas a correntes de retorno na zona de surfe) e sangradouros, como redução da vegetação por excesso de trilhas e caminhos de pedestres.

As estratégias de manejo são o controle do uso de espaço e dos sangradouros, melhoria dos acessos à praia, controle dos corredores de areia através de esteiras e plantio de capim de praia nas superfícies nuas de vegetação. Por ser uma das áreas prioritárias ao manejo, deverá ser complementada por placas informativas e educativas do público usuário do espaço da praia.

**Grupo 2a: XS7, XS8, XS9, XS10, RM15.**

Este grupo apresenta índices moderados (XS7, XS8, XS9) a alto de vulnerabilidade (XS10, RM15). O trecho XS7 a XS10 caracteriza-se por dunas variando entre 19 a 33m de largura, próximo a avenida beira-mar. O seu estado morfológico é bastante erosivo (A6 variando entre 3 a 4), em razão dos corredores eólicos (C2), lençóis de areia transgressivos sem cobertura vegetal. O sistema de dunas é muito descontínuo, contendo até 62% de brechas, por onde as areias escapam do perfil praiial.

Outro fator de degradação é a existência de marcas de veículos sobre as dunas, principalmente em XS7, onde existem trilhas de *cross* sobre as dunas. Na unidade XS10 existe a mais notável apropriação privada do sistema de dunas e fechamento do acesso à praia por parte de um condomínio fechado.

O perfil de praia 7, localizado na unidade XS8 e o perfil de praia 12, localizado na unidade RM15, ilustram os dois extremos ambientais deste grupo. O primeiro, com índice de vulnerabilidade moderada, apresenta uma boa cobertura vegetal e, o segundo, dominado por *blowouts*, baixa diversidade e cobertura vegetal, apresenta alto IV.

As estratégias de manejo recomendadas são o controle das atividades de *cross* e ordenamento do espaço, a fim de permitir a mobilidade da areia e respeitar a área de preservação permanente livre do domínio privado, assim como, o controle dos corredores de deflação eólica por intermédio de esteiras e replantio na frente marinha da duna.

**Grupo 2b: XS2, XS3, RM4, RM8, RM9, RM10, RM11, RM12, RM13 e RM14.**

Este grupo apresenta como característica comum oscilações negativa da linha de costa (Toldo Jr. *et al*, 1999), parâmetro C10, e assemelha-se ao grupo 3 (IV > 50%) da classificação segundo o grau de vulnerabilidade. No segmento RM8-RM14 estão localizados os perfis de duna P10 e P11. É um segmento cuja pressão de uso deve ser amenizada com o uso de passarelas e a frente marinha da duna sempre vegetada e monitorada.

**Grupo 3a: XN8, XN9, RM1, RM6, RM7.**

Este grupo, em princípio, é similar ao grupo 2a com moderada vulnerabilidade (IV entre 50 e 40%), porém, apresenta grandes áreas de dunas (> 5000m<sup>2</sup>) e larguras de duna ultrapassando os 50m. As alturas das dunas também são mais elevadas (acima de 3m) em função de um bom suprimento de areia disponível na praia ao transporte eólico. Apesar destes aspectos positivos, estas dunas estão com escassa cobertura vegetal e migrando para o interior da Avenida Beira Mar. Portanto, existe a necessidade de plantio de vegetação e de realização de cobertura morta, principalmente, próximo aos sangradouros.

**Grupo 3b: XN1, XN2, XN3, XN4, XN5, XN6, XN7, XN10, XN11, XN15, RM5**

O grupo 3b compõe um sistema de dunas com relativo espaço (largura > 30m até 56m e área > 0,5 até 1,15 ha). Com o seu limite norte próximo ao município de Capão da Canoa, contrasta com o município vizinho por ter um estágio de urbanização mais horizontal, à exceção, o centro do balneário de Atlântida. No trecho XN1-XN7 existe um bar (XN5) que ocupa quase todo o pós-praia e dunas frontais interferindo na mobilidade dos sedimentos. No trecho XN 7 existe uma forte fuga de areia para o interior da Avenida Beira Mar. O trecho XN11 está mal classificado, se considerarmos a morfologia da duna (largura próxima a 20m) e o índice de vulnerabilidade (IV > 60%), estaria junto ao grupo 1 mais crítico à intervenção.

**Grupo 4: XS5, XS6, XS11, RM2 e RM3.**

Este grupo está associado a vazios urbanos e a áreas naturais.



### **Plano de manejo de dunas na área prioritária.**

Nesta seção, se desenham as estratégias de manejo de dunas para a área eleita como prioritária (fig. 5), segundo as características ambientais decorrentes da condição morfológica, cobertura vegetal, suprimento de areia, orientação do vento e pressão de uso.

Entre as intervenções pontuais apontadas como prioritária pelo estudo e também pela municipalidade esta o trecho costeiro XN12, XN13, XN14 e XS4. Destaca-se em razão do avanço da urbanização sobre o campo de duna e redução da largura da duna frontal, e que contém múltiplos acessos de pedestres à praia. São frequentes as fugas de areia do sistema praial para a Avenida Beira Mar.

Na área da Praça do Pólo a duna frontal foi suprimida. Para recuperar o ecossistema, sugere-se a construção da duna frontal com máquina utilizando material oriundo da invasão das ruas do município. A forma da duna acompanhará a duna remanescente, a estabilização com vegetação pioneira nativa (capim de praia) protegida com esteiras de contenção, a melhoria dos acessos à praia: sinalização dos caminhos delimitados, por meio de placas, nos pontos de maior transposição dos usuários, com distância  $\geq 30\text{m}$  entre si, o controle dos escapes de areia das brechas por meio de esteiras e o prolongamento das manilhas do sangradouro que drena o campo de pólo, a fim de reconstituir a duna frontal por cima.

No setor XS4, as dunas frontais têm área equivalente a  $4.572\text{m}^2$ , em 250m linear de praia. São dunas relativamente altas (3,3m) e estreitas ( $<16\text{m}$ ), e, portanto facilmente desestabilizadas por brechas e pequenos *blowouts*, por onde ocorre a fuga de areia para o interior da Avenida Beira Mar. Apesar do estágio de urbanização ser do tipo horizontal padrão, o nível de urbanização é elevado e a densidade de caminhos de pedestre é alta, contribuindo, ainda mais, para que a fuga de areia do sistema ocorra ao longo de toda a avenida. As técnicas para o Plano de Manejo contam com o controle dos escapes de areia, proteção e reforma das escarpas da face marinha da duna com o uso de esteiras distantes de 3 a 6m da base da duna e paralelas a linha de costa (Texas General Land Office, 1991), com a melhoria e delimitação dos acessos à praia, segundo as passagens preferenciais dos usuários, distantes no mínimo 30m entre si, e transversais à direção do vento NE, com o plantio de capim de praia na face marinha e *Ipomea sp* na face livre do segundo cordão de duna com o intuito de estabilizar o sistema de dunas e com a instalação de placas informativas e educativas.

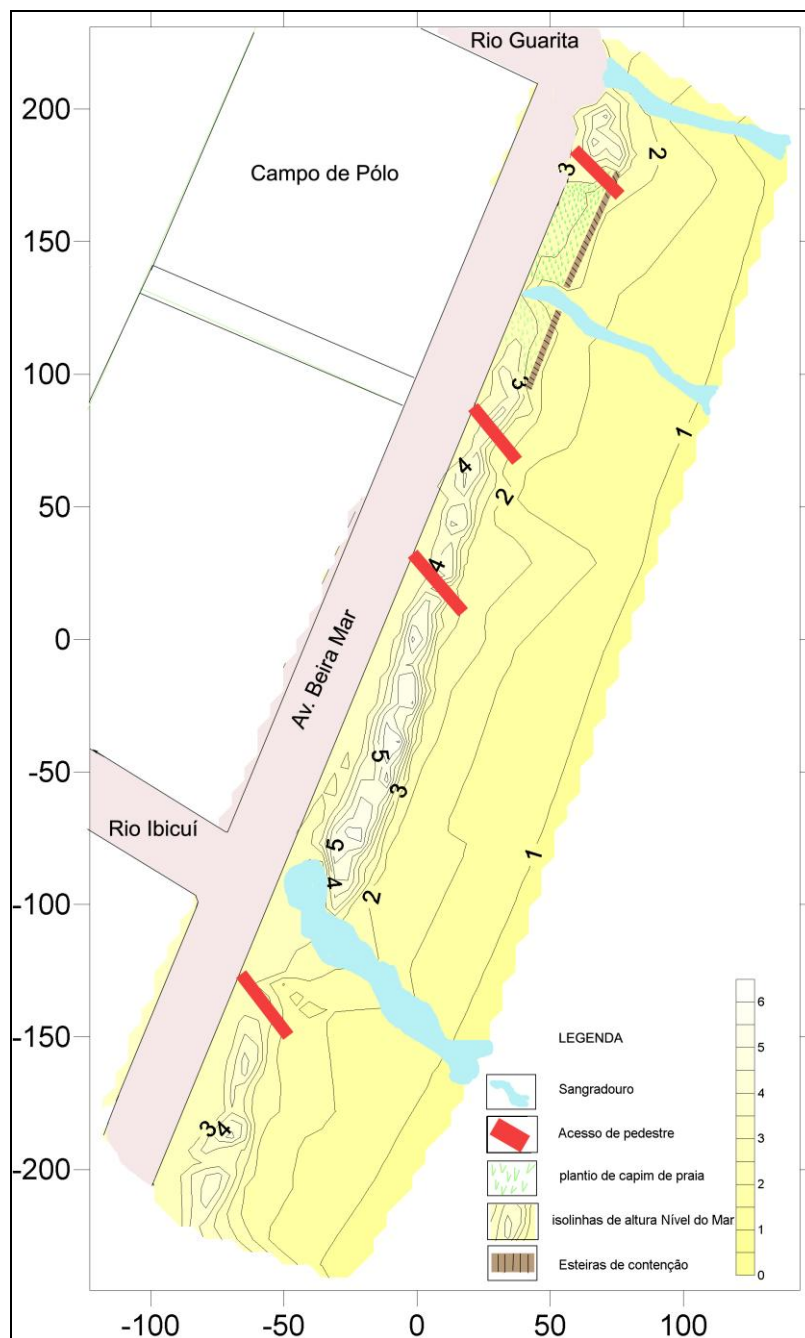


Figura 5: Plano de manejo da área prioritária.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho identifica os diferentes graus de vulnerabilidade apresentados pelas dunas frontais do município de Xangri-Lá e classifica as diversas áreas estudadas em grupos, de acordo com os índices de vulnerabilidade e segundo a similaridade no comportamento dos parâmetros utilizados.

O índice de vulnerabilidade foi construído com base em 44 variáveis, cujos valores foram obtidos através de técnicas de geoprocessamento e fotointerpretação, complementadas por investigações de campo, contemplados por estudos diversos da morfodinâmica praial, da morfologia, cobertura vegetal e da pressão de uso sobre as dunas.

O estudo desenvolvido resultou na identificação de seis grupamentos (setores), cujas áreas apresentam características similares quanto à vulnerabilidade, o que possibilita

a proposição de objetivos e técnicas de manejo em comum. O controle do uso de espaço, a melhoria dos acessos à praia, a reformulação e manutenção adequada dos sangradouros, o controle dos corredores de areia através da colocação de esteiras e o plantio de capim de praia nas superfícies sem cobertura vegetal, são algumas das técnicas indicadas.

O desenvolvimento de uma listagem de parâmetros que afetam o nível de sensibilidade das dunas à erosão, tem que levar em consideração as suas causas naturais e antrópicas. As oscilações da linha de costa em grande período identificada por Toldo Jr *et al.* (1999) indicam que mais de 77% da orla de Xangri-Lá está em erosão, com exceção do trecho central relativamente estável, contido no mosaico Xangri-Lá Sul. Este panorama geológico natural de erosão, associado a um planejamento urbano equivocado, que permite a urbanização em áreas de maior mobilidade de areia (pós-praia e duna frontal), pode acentuar a tendência erosiva natural nos setores com maior pressão de uso.

Entre as áreas prioritárias para iniciar o Programa de Manejo destaca-se o grupo 1 (XN12, XN13, XN14, XN16, XS1 e XS4) da orla do balneário Xangri-Lá. Esta área, assim como aquelas correspondentes aos sangradouros e às zonas com edificações no interior do pós-praia (restaurante Bali Hai – unidade XN5) são áreas que merecem atenção especial e urgente, em face os seus altos índices de vulnerabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARENS, S.M. e WIERSMA, J. 1994. The Dutch Foredunes: Inventory and Classification. *Journal of Coastal Research*, 10(1): 189-202.
- CALLIARI, L.J.; SPERANSKI, N.; BOUKAREVA, I., 1998. Stable focus of wave rays as a reason of local erosion at the Southern Brazilian coast. *Journal of Coastal Research*, 26(3):19 –23.
- CALLIARI, L.J.; TOZZI, H.A.M.; KLEIN, A.H. F. Beach Morphology and Coastline Erosion Associated with Storm Surges in Southern Brazil- Rio Grande to Chuí, RS. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.1, p. 231-247. 1998
- DAVIS, J.C., 1973. *Statistic and Data Analysis in Geology*. New York:Wiley, 550p.
- DAL CIN, R. e SIMEONI, U. 1994. A Model for Determining the Classification, Vulnerability and Risk in the Southern Coastal Zone of the Marche (Italy). *Journal of Coastal Research*, 10(1): 18-29.
- DAVIES, P.; WILLIAMS, A. T.; CURR, R.H.F., 1995. Decision making in dune management: theory and practice. *Journal of Coastal Conservation*, 1:87-96.
- DAVIS, J.C, 1973. *Statistic and Data Analysis in Geology*. New York: Wiley. 550p.
- DILLENBURG, S.R.; TOMAZELLI, L.J.; LUMMERTZ, C.N. 1998. A variabilidade morfológica das barreiras costeiras holocênicas do estado do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2., 1998. Florianópolis. Edição Especial, *Geosul*, v.14, n.27, p.204-207.
- DILLENBURG, S.R.; ROY, P.S.; CONWELL, P.C.; TOMAZELLI, L.J. 2000. Influence of Antecedent Topography on Coastal Evolution as Tested by the Shoreface Translations-Barrier Model (STM). *Journal of Coastal Research*, v.16, n.1, p.71-81.
- DILLENBURG, S.R., ESTEVES, L.S. e TOMAZELLI, L.J., 2004. A critical evaluation of coastal erosion in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 76(3):611-623.
- ESTEVES, L.S.; SILVA,A.R.P; AREJANO,T.B., PIVEL,M.A.G. & VRANJAC, M.P. 2003. Coastal development and human impacts along the Rio Grande do Sul beaches, Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 35, 548-556.

- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2004. *Documento Normativo para a elaboração de Planos de Manejo de Dunas*. Porto Alegre: Serviço da Região do Litoral – SERLI/FEPAM-RS. 2p.
- GOURLAY, M.R 1968. *Beach and Dune Erosion Tests*. Delft Hydraulics Laboratory. (Report No. M935/M936).
- GRUBER, N.S. *et al.*, 2005. Diagnóstico de Vulnerabilidade dos Campos de Dunas Frontais do Município de Xangri-Lá - RS, como Subsídio ao Plano de Manejo. Documento Técnico nº1 (LP). CECO-IG-UFRGS: Porto Alegre. 44p. inédito.
- KÖPPEN, H. D. *Climatologia*. México, Fundo de Cultura e Economia, 1948, 380 p.
- LIMA, S.F.; ALMEIDA, L.E.S.B.; TOLDO Jr., E.E. 2001. Estimativa da capacidade do transporte longitudinal de sedimentos a partir de dados de ondas para a costa do Rio Grande do Sul. *Pesquisas em Geociências*, v. 28, n.2, p.99-107.
- MARRA, J.J. 1993. Sand Management Planning in Oregon. *Coastal Zone*, v. 93, p.1913-24.
- NIMER, E. *Clima*. In: IBGE. *Geografia do Brasil, Região Sul*. Rio de Janeiro: SERGRAF-IBGE, Rio de Janeiro, 1977, p.35-79.
- Projeto ORLA: *Guia de Implementação*/ Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Secretaria do Patrimônio da União - SPU – Brasília Ministério do meio Ambiente MMA. 2005. 36p. collor.
- Projeto ORLA: *Subsídios para um Projeto de Gestão* / Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – Brasília MMA. 2004. 104p. collor
- SCOR Working Group 89, 1991. The response of Beaches to Sea-Level Changes: A Review of Predictive Models. *Journal of Coastal Research*, v.7, p.895-921.
- SOUZA, C.R.G. e SUGUIO, K. 2003. The Coastal Erosion Risk Zoning and the São Paulo State Plan for Coastal Management. I Brazilian Symposium on Sandy Beaches: Morphodynamics, Ecology, Uses, Hazards and Management, Itajaí. *Proceedings of .. Journal of Coastal Research (SI)35*: 530-547.
- TABAJARA, L. L., ALMEIDA, L. E. S. B., MARTINS, L. R., 2004. Resposta e recomposição das praias e dunas após seqüência de ciclones extratropicais. *Gravel*, 2(1):104-121. CD Rom.
- TABAJARA, L. L., DILLENBURG, S. R., BARBOSA, E., 2004. Morphology, vegetation and sand fence influence on sand mobility of the foredune system of Atlântida Sul beach, Rio Grande do Sul, Brazil. *JCR-SI 39*:616-621. Proceeding of ICS, 2004.
- TABAJARA, L. L., GRUBER, N.S., BAUER, D, e MARTINHO, C.T., 2005. Controle morfodinâmico na formação das dunas frontais e transgressivas no litoral norte do Rio Grande do Sul. Congresso da Abequa Guarapari (ES), outubro de 2005. *Resumo expandido...* 6p.
- TABAJARA, L.L., MARTINS, L.R., NICOLODI, J. 2001. Programa de manejo das dunas das praias de Osório, RS. *Pesquisas em Geociências*, 28(2):427-445. Edição especial. Imbé: Abequa.
- TEXAS GENERAL LAND OFFICE, 1991. *Dune Protection and Improvement Manual for the Texas Gulf Coast*. Austin, Texas: Resource Management and Development. Broch., 25p.
- TOLDO JR. , E.E.; DILLENBURG, S.R. ; ALMEIDA, L. E. S.B.; TABAJARA, L.L.; FERREIRA, E.R.; BORGHETTI, C. 1994. Parâmetros Morfodinâmicos e Deriva Litorânea da Praia de Tramandaí, RS. *Geosul*, 16(1): 75-88.
- TOLDO JR., E.E.; ALMEIDA, L.E.S.; BARROS, C.and MARTINS, L.R., 1999. *Retreat of the Rio Grande do Sul Coastal Zone, Brazil*. In: Martins, L.R. and Santana, C.I. (eds.). Non Living Resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin. Porto Alegre: editora da UFRG, p.62-68.

- TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A.; DILLENBURG, S. R.; BACHI, F. A.; DEHNHARDT, B. A., 1998. Significance of present-day coastal erosion and marine transgression, Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70(2): 221-229.
- TOZZI, H.A.M.; CALLIARI, L.J. Trajetórias e Distribuição das Tempestades Extratropicais e o Impacto na costa do Rio Grande do Sul. *Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, 7. Porto Seguro, Brasil. 1999. *Anais...* Porto Seguro:ABEQUA. 1999. CD-ROM.
- WESCHENFELDER, J., ZOUAIN, R.N.A., ZOMER, S.L.C.; SOUTO, R.P. 1997. Caracterização morfológica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS. *Notas Técnicas*, v.10, p.35-48.
- VILLWOCK, J.A. & TOMAZELLI, L.J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas / Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CECO/UFRGS, 1995. *Notas Técnicas*, v.8, 45p.
- WILLIAMS, A.T.; DAVIES, P.; CURR,R.H.F.; KOH, A.; BODÉRE, J.C.I.; HALLÉGOUET, B.; MEUR, C.; YONI, C. 1993. A check-list assessment of dune vulnerability and protection in Devon and Cornwall, UK. In: COASTAL ZONE '93, 1993. *Proceedings...* New York: ASCE. p.3395-3408.
- ZOMER, S.L.C. 1997. *Uso de Recobrimentos aerofotográficos verticais no Estudo das Alterações sobre a Faixa de Dunas Frontais do Litoral Norte do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Volume 1.